



**Universidade de Aveiro**  
**Ano 2015**

Departamento de Comunicação e Arte  
Departamento de Engenharia Mecânica

**ANA TERESA  
FERREIRA GOMES**

**DESENVOLVIMENTO DE UM FLOTADOR INDUSTRIAL**





**Universidade de Aveiro**  
**Ano 2015**

Departamento de Comunicação e Arte  
Departamento de Engenharia Mecânica

**ANA TERESA  
FERREIRA GOMES**

## **DESENVOLVIMENTO DE UM FLOTADOR INDUSTRIAL**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestrado em Engenharia e Design de Produto, realizada sob a orientação científica do Doutor Fernando José Neto da Silva, Professor Associado do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Aveiro, sob a coorientação do Doutor Francisco Maria Mendes de Seíça da Providência Santarém, Professor Convidado do Departamento de Comunicação e Arte da Universidade de Aveiro e sob a coorientação do Eng.º Sérgio Manuel Castro Silva, administrador e representante da Adventech.



Dedico a minha dissertação do mestrado à minha família, especialmente à minha mãe, à minha irmã, aos meus avós e ao meu namorado, pelo amor, confiança, incentivos e apoio em todas as minhas escolhas e decisão. Sempre me estimularam em direção ao sucesso dos meus sonhos e desafios.



## **O JÚRI**

Presidente	Professora Doutora Teresa Cláudia Magalhães Franqueira Baptista Professora Auxiliar da Universidade de Aveiro
Vogal	Mestre Paulo Alexandre Lomilo de Freitas Tomé Rosago Bago de Uva, Professor Auxiliar Convidado, Universidade de Aveiro
Vogal – Arguente Principal	Professor Doutor António Manuel Godinho Completo Professora Auxiliar com Agregação, Universidade de Aveiro
Vogal - Orientador	Professor Doutor Fernando José Neto da Silva Professor Auxiliar da Universidade de Aveiro





## **AGRADECIMENTOS**

Gostava de agradecer a todas as pessoas que, ao longo do meu Mestrado em Engenharia e Design de Produto que me apoiaram e ajudaram na minha formação académica. Desta forma, quero dar uma maior importância, a algumas pessoas.

Ao Orientador, Doutor Fernando José Neto da Silva pela disponibilidade manifestada para orientar esta dissertação e pelo enriquecimento adquirido durante a minha formação académica. Agradeço também ao Rui Teixeira pela sua simpatia e disponibilidade, incluindo todos os conhecimentos obtidos no Ansys Fluent

Ao Coorientador, Doutor Francisco Maria Mendes de Sequeira da Providência Santarém, pela disponibilidade manifestada para coorientar esta dissertação.

A Adventech pela acessibilidade, pela confiança que sempre me concedeu, pelo estímulo e pela oportunidade de fazer parte da sua equipa. Para mim é bastante incentivador e um privilégio de fazer parte de uma equipa de excelência. Agradeço a todos os meus colegas de trabalho pelo apoio e incentivo fornecido todos os dias, incluindo o interesse evidenciado e o acompanhamento incondicional durante todo o meu percurso académico.

Por último, agradecer à minha família, especialmente à minha mãe, à minha irmã, aos meus avós e ao meu namorado por acreditar e incentivar incondicionalmente nos obstáculos que foram surgindo durante o meu percurso académico. Com vocês partilhei a minha vida, os meus sonhos, os meus medos, as minhas alegrias e devo uma gratidão enorme, onde não existem palavras que consigam descrever, simplesmente fico completamente envolvida por um Muito obrigada!



## **PALABRAS-CHAVES**

Engenharia e Design de Produto, Tratamentos de Efluentes e Flotação

## **RESUMO**

A presente dissertação apresenta uma investigação teórica e prática na área de Engenharia e Design de Produto com o objetivo principal de desenvolver um Flotador Industrial para a Adventech, procurando indicadores inovadores, competitivos e focando a necessidade de encontrar uma solução que reflita numa relação entre necessidade, utilizador, performance e design.

Desta forma, no presente trabalho cruzam-se temas como a Engenharia e o Design de Produto, Tratamentos de Efluentes Líquidos e Flotação de modo a introduzir e compreender o desenvolvimento deste equipamento.

Foi efetuada uma pesquisa sobre o tema para compreender, as suas características e limitações, bem como as formas e mecanismos utilizados para dar resposta aos requisitos e produzir um produto eficiente e eficaz.

Paralelamente realizou-se uma abordagem teórica sobre Design de Produto e Processo de Flotação, de modo a conhecer o seu desenvolvimento e as suas restrições, preocupações e objetivos. Complementou-se o trabalho desenvolvido com pesquisa e analisaram-se os produtos existentes na concorrência com o objetivo de conhecer características técnicas, funcionais e físicas.

Desta forma, o estudo desenvolvido nesta dissertação serviu e auxiliou o projeto no resultado final, incluindo a materialização do conceito para proporcionar uma boa relação entre utilizador, performance e design. Obtendo assim, um resultado final com características adequadas nas diversas aplicações deste produto nas Estações de Águas Residuais, reduzindo custos de operação e manutenção, eficiência do processo de flotação e vida útil do produto. Paralelamente o design proporciona uma apresentação estética do produto que transmite fiabilidade e profissionalismo.



## **KEYWORDS**

Wastewater Treatment, Flotation, Product Design and Engineering

## **ABSTRACT**

The present thesis cites a theoretical and practical research in the area of Product Design Engineering with the main objective to develop a Flotation unit for Adventech. This company is looking for innovative and competitive indicators in the unit, addressing the need to find a solution to develop a relationship between necessity user, performance and design.

Consequently, cross-thematic topics such as Engineering and Product Design, Wastewater Treatment Liquids and flotation in order to introduce and understand the development of this equipment.

This equipment contributes to the purifying process at a wastewater plant with the main emphasis on Flotation Process. The present thesis is conducted with a research on the subject to understand the consistency, characteristics and limitations of it, as well as the forms and mechanisms used to meet the requirements for an effective product.

This work was carried out a theoretical approach on Product Design and Process Flotation in order to meet Adventech needs, as well as their restrictions, concerns and goals. It also was supplemented with research on the competitive products with the aim of meeting technical, functional and physical characteristics.

In this manner, the study developed in this thesis served and assisted the final result of the project, including the materialization of the concept to provide a good relationship between user, performance and design. Thereby obtaining a final result with suitable characteristics in the various applications of the product, reducing operating and maintenance costs, the efficiency of the flotation process and useful life of the product. Alongside the design should offer an aesthetic presentation that conveys reliability and professionalism.



# ÍNDICE GERAL

<b>ÍNDICE GERAL</b> .....	15
<b>CAPÍTULO 1   ENQUADRAMENTO DO PROJETO</b> .....	25
1.1 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA .....	25
1.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO .....	26
1.3 OBJETIVOS DO PROJETO.....	29
1.4 MERCADO-ALVO DO PROJETO.....	30
1.5 METODOLOGIA DO PROJETO.....	31
1.6 ORGANIZAÇÃO DE TRABALHO DO PROJETO .....	32
<b>CAPÍTULO 2   INVESTIGAÇÃO DO PROJETO</b> .....	33
2.1 TIPOS DE FLOTADORES.....	33
2.2 TIPOS DE APLICAÇÕES .....	35
2.3 ATUAIS PROBLEMAS DOS FLOTADORES .....	36
2.4 RESTRIÇÕES E CRITÉRIOS NO DESIGN DO FLOTADORES .....	37
2.5 ANÁLISE DA CONCORRÊNCIA E NECESSIDADES DO UTILIZADOR.....	41
2.5.1 REDOX – KWF.....	42
2.5.2 P-TEC -HS MacroDAF and MicroDAF .....	43
2.5.3 HEAD WORKS - BIO DAF .....	45
2.5.4 ETS ENVIRONMENTAL – RT SERIES .....	46
2.6 OBSERVAÇÃO DIRETA DE FLOTADORES.....	47
<b>CAPÍTULO 3   DESENVOLVIMENTO CONCEPTUAL</b> .....	57
3.1 RECOLHA DAS NECESSIDADES .....	57
3.2 ÁRVORE DAS NECESSIDADES .....	62
3.3 ESPECIFICAÇÕES E MÉTRICAS DO PRODUTO .....	68
3.4 CASA DA QUALIDADE .....	69
3.4.1 ÍNDICE DE PRIORIZAÇÃO INICIAL .....	72
3.4.2 ÍNDICE DE PRIORIZAÇÃO REVISTO .....	73
3.4.3 ÍNDICE DE PRIORIZAÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES .....	75
3.5 DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO .....	76
3.5.1 ESTRUTURAÇÃO DOS COMPONENTES TÉCNICOS .....	76
3.5.2 GERAÇÃO DE CONCEITOS.....	79
3.5.3 PROPOSTA FINAL DO CONCEITO .....	81
3.5.4 MODELO FÍSICO DO CONCEITO FINAL .....	82
<b>CAPÍTULO 4   ESTUDOS DA SOLUÇÃO</b> .....	83

4.1 DESENVOLVIMENTO DE ANÁLISE ESTRUTURAL.....	83
4.1.1 INTRODUÇÃO DA ANÁLISE ESTRUTURAL.....	83
4.1.2 SIMULAÇÃO DA ANÁLISE ESTRUTURAL.....	84
4.1.3 RESULTADOS DA ANÁLISE ESTRUTURAL .....	87
4.2 DESENVOLVIMENTO DE ANÁLISE DE DINÂMICA DOS FLUIDOS COMPUTACIONAL (CFD) .....	89
4.2.1 INTRODUÇÃO DA ANÁLISE CFD .....	89
4.2.2 SIMULAÇÃO DA ANÁLISE CFD .....	89
4.2.3 ANÁLISE DE RESULTADOS .....	93
CAPÍTULO 5   IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO.....	95
4.1 ARQUITETURA DO PRODUTO .....	95
5.2 DESENVOLVIMENTO DA MODELAÇÃO 3D.....	96
5.2.1 APRESENTAÇÃO DO MODELO .....	96
5.2.2 APRESENTAÇÃO DO DETALHE.....	98
5.2.3 COMPONENTES NORMALIZADOS.....	105
5.3 DADOS TÉCNICOS DO FLOTADOR .....	109
5.4 MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICO .....	110
6.1 MARCA DO PRODUTO .....	117
6.2 FOLHETO INFORMATIVO DO PRODUTO.....	121
6.3 MANUAL DE INSTRUÇÕES DO PRODUTO .....	122
CAPÍTULO 7   CONCLUSÃO.....	123
7.1 CONCLUSÕES FINAIS .....	123
7.2 PERSPETIVA DE DESENVOLVIMENTO FUTURO .....	124
REFERÊNCIAS .....	126
ANEXOS .....	128
ANEXO 1   ARVÓRE DE NECESSIDADES COM PONDERAÇÕES .....	130
ANEXO 2   CASA DA QUALIDADE .....	131
ANEXO 3   RESULTADOS DA ANÁLISE ESTRUTURAL .....	132
ANEXO 4   FOLHETO INFORMATIVO DO ADFLOT.....	138



# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Estação de Tratamento da Água Residual da empresa [1] .....	25
Figura 2 - Exemplo do Flotador Industrial [2] .....	26
Figura 3 - Flotador Industrial utilizado nas Estações de Águas Residuais da Adventech [3] .....	27
Figura 4 - Sistema de um Flotador por ar dissolvido [6] .....	33
Figura 5 - Sistema de flotação por ar disperso [7] .....	34
Figura 6 - Flotador Industrial em forma retangular [11] .....	38
Figura 7 - Flotador Industrial em forma circular [12] .....	38
Figura 8 - Esquema da lista das variáveis [13] .....	40
Figura 9 - Flotador Industrial da Redox [14] .....	42
Figura 10 - Flotador Industrial da HS MacroDAF [15] .....	43
Figura 11 - Flotador Industrial da HS Micro DAF [16] .....	44
Figura 12 - Flotador Industrial da BIO DAF [17] .....	45
Figura 13 - Flotador Industrial da ETS Environmental [18] .....	46
Figura 14 - Flotador Industrial na ETAR da Adventech .....	48
Figura 15 - Descarga das Lamas do Flotador Industrial .....	49
Figura 16 - Barreiras de Auxílio do Flotador Industrial .....	50
Figura 17 -- Saída do Efluente do Flotador Industrial .....	50
Figura 18 - Sistema de Pressurização do Flotador Industrial .....	51
Figura 19 - Componentes do Flotador Industrial .....	52
Figura 20 - Flotador Industrial na ETAR da Adventech .....	53
Figura 21 - Fases do processo do ajuste do Coagulante .....	54
Figura 22 - Sistema de Nivelamento .....	55
Figura 23 - Medida de Segurança para transportar .....	55
Figura 24 - Correntes do Flotador Industrial deformada .....	56
Figura 25 - Dimensões Dinâmicas de Antropometria [23] .....	61
Figura 26 - Dimensões Estáticas de Antropometria [24] .....	61
Figura 27 - Representação Esquemática do Modelo Kano [30] .....	65
Figura 28 - Representação da Casa da Qualidade .....	69
Figura 29 - Relações entre Requisitos e Métricas .....	70
Figura 30 - Correlações entre Métricas .....	71
Figura 31 - Proposta 1 de Estruturação de Componentes .....	76
Figura 32 - Proposta 2 de Estruturação de Componentes .....	77
Figura 33 - Proposta 3 de Estruturação de Componentes .....	77
Figura 34 - Proposta 4 de Estruturação de Componentes .....	77
Figura 35 - Alguns esboços desenvolvidos .....	79
Figura 36 - Conceito Proposto .....	80
Figura 37 - Conceito Proposto .....	80
Figura 38 - Maquete do Flotador Industrial .....	82
Figura 39 - Identificação do nível máximo .....	83
Figura 40 - Estrutura do Modelo Proposto .....	84
Figura 41 - Estrutura do modelo simplificado para simulação .....	84
Figura 42 - Esquema das cargas e dos pontos de afixação .....	86
Figura 43 - Definição da malha .....	86
Figura 44 - Modelo Desenvolvido e Definição de Entrada / Saída de ar .....	90
Figura 45 - Representação da Entrada/Saída de Ar .....	90
Figura 46 - Pormenor do Injetor de Ar .....	91
Figura 47 - Representação da Malha .....	91
Figura 48 - Histórico de Convergência do Volume de Massa .....	92

Figura 49 - Conjunto de Ilustrações dos Resultados da Análise CFD .....	94
Figura 50 - Arquitetura do Flotador Industrial .....	95
Figura 51 - Modelo 3D do Flotador Industrial.....	96
Figura 52 - Olhais para facilitar o transporte do Flotador Industrial .....	98
Figura 53 - Símbolos de Segurança .....	99
Figura 54 - Algumas medidas de prevenção de segurança implementadas .....	99
Figura 55 - Pé de Nivelamento do Flotador Industrial .....	100
Figura 56 - Detalhe do Sistema de Nivelamento .....	100
Figura 57 - Sistema de Arraste do Flotador Industrial.....	101
Figura 58 - Desenho de Corte Esquemático do Raspador .....	102
Figura 59 - Sistema de Transmissão do Equipamento.....	102
Figura 60 - Sistema de Nivelamento do Efluente.....	103
Figura 61 - Componentes Principais do Flotador Industrial .....	104
Figura 62 - Componentes Principais da Caixa de Comando .....	104
Figura 63 - Dimensões Gerais do Flotador Industrial .....	109
Figura 64 - Separador da Adventech.....	111
Figura 65 - Soldadura e acabamento final do Separador.....	111
Figura 66 - Pá do Sistema de Arraste do Flotador Industrial.....	111
Figura 67 - Comparação de Propriedades do PEUAPM em relação aos outros PEs [39] .....	114
Figura 68 - Logotipo do ADFLOT na Vertical.....	117
Figura 69 - Logotipo do ADFLOT na Horizontal.....	118
Figura 70 - Representação do ADFLOT fechado .....	118
Figura 71 - Representação do ADFLOT aberto .....	119
Figura 72 - Representação do ADFLOT no Contendor Marítimo .....	119
Figura 73 - Representação do ADFLOT numa Estação de Águas Residuais .....	120
Figura 74 -Representação do ADFLOT numa Estação de Águas Residuais .....	120
Figura 75 - Exemplos do Folheto Formativo da Adventech e o desenvolvido .....	121

# ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Características dos Produtos da Concorrência .....	41
Tabela 2 - Árvore de Necessidades .....	63
Tabela 3 - Tabela de Especificações e Métricas do Produto .....	68
Tabela 4 - Propriedades do Aço Inoxidável 304 .....	85
Tabela 5 - Resultados da Análise Estrutural .....	88
Tabela 6 - Variáveis da Análise CFD .....	93

# ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Apresentação dos Resultados do Nível Primário .....	66
Gráfico 2 - Apresentação dos Resultados do Nível Secundário .....	67
Gráfico 3- Índice de priorização inicial .....	72
Gráfico 4 - índice de Priorização Revista .....	74
Gráfico 5 - Índice de Priorização das Especificações .....	75
Gráfico 6 - Demonstração da relação entre densidade e preço .....	112
Gráfico 7 - Demonstração da relação entre dureza e fratura .....	113

# LISTA DE ACRÓNIMOS E ABREVIATURAS

ETAR – Estação de Tratamento de Águas Residuais

ETA - Estação de Tratamento de Águas

CQO - Carência Química de Oxigénio

CBO5 - Carência Bioquímica de Oxigénio

TSS - Total de Sólidos Suspensos

QFD – Casa da Qualidade (Quality Function Deployment)

AISI – Normalização de classificação de metais não ferrosos pelo American Iron and Steel Institute.

PE – Polietileno

IPi - índice de priorização inicial

IDi\* - índice de priorização revista

PEUAPM - Polietileno de Ultra Peso Molecular

DFM – Design para Manufatura

DFX - Design Para a Excelência



# INTRODUÇÃO

No âmbito da Dissertação no Mestrado de Engenharia e Design de Produto, regido pela Universidade de Aveiro foi-me concedida a oportunidade de realizar uma dissertação do mestrado de um projeto de um Flotador Industrial.

O objetivo desta dissertação consiste numa aplicação de conhecimentos bem como de aprendizagem de processos para conduzir o desenvolvimento do Flotador Industrial para a Adventech. Desta forma, pretende-se aplicar ferramentas específicas e abordagens várias que permitam uma recolha e análise de informação relevantes existentes. Tratando-se de uma investigação teórico-prática na área de Engenharia e Design de Produto, com o principal objetivo de conceber e desenvolver um Flotador Industrial para a Adventech, com base em indicadores inovadores, competitivos e com ênfase na necessidade de encontrar uma solução que reflita numa relação entre utilizador, performance e design.

Desta forma, esta dissertação resulta de uma investigação refletida na continuidade de evolução e a inovação nos flotadores indústrias, evoluindo a sua capacidade competitiva e proporcionar inúmeras oportunidades no sector de Tratamento de Águas Residuais. Este trabalho reflete na necessidade de existir uma relação entre utilizadores, performance e design nos Flotadores Industriais.



**Universidade de Aveiro**

Departamento de Comunicação e Arte  
Departamento de Engenharia Mecânica



# CAPÍTULO 1 | ENQUADRAMENTO DO PROJETO

## 1.1 IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA

A Adventech é uma empresa situada no Centro Empresarial e Tecnológico de São João da Madeira, conhecido por Sanjotec. Dedicar-se ao Tratamento de Efluentes Industriais e, devido à sua base e competências científicas e tecnológicas, tem conseguido dar resposta ao tratamento de efluentes mais complexos, nomeadamente no que diz respeito aos efluentes industriais e agroindustriais.

As tipologias de tratamento de efluentes passam pela aplicação de processos físico-químicos, processos biológicos e processos avançados de oxidação, individualmente ou em combinação, com especial relevância na integração de tecnologias. Paralelamente com os processos de tratamento, a Adventech também presta um conjunto de serviços nas áreas de manutenção, assistência técnica, energia e gestão ambiental.

Recentemente, a Adventech tem apostado na área de desenvolvimento de produto para a aplicação de tratamento de águas residuais, como o objetivo de evoluir a sua capacidade competitiva, atraindo um nicho de mercado, que proporciona inúmeras oportunidades de negócio.

O objetivo global da empresa para este trabalho é desenvolver um Flotador industrial que o funcionamento supere os equipamentos da concorrência, cujo seja um produto apelativo e transmita confiança e profissionalismo, incluindo a imagem da empresa. Com a criação deste produto a empresa pretende dar continuidade à linha de produtos já existente e futuramente poder comercializar este produto no mercado



*Figura 1- Estação de Tratamento da Água Residual da empresa [1]*



## 1.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROJETO

A água pode ser utilizada num processo industrial em diversas áreas, tais como no sector alimentar, vinícola, oleico, detergentes, entre outros. Nestes casos, normalmente, a água residual necessita de pelo menos um tratamento antes de ser possível efetuar uma descarga para o meio-hídrico ou um conjunto de tratamentos quando existe a finalidade de consumo. Os efluentes líquidos necessitam de ser tratados, uma vez que são contaminados com resíduos dos processos produtivos e causam poluição indesejada nos meios hídricos. O processo de tratamento ideal para cada efluente é estudado, de acordo com as suas características como a carga orgânica e presença de contaminantes.

Desta forma, o procedimento baseia-se na recolha do efluente, cujo tratamento é estudado e desenvolvido através da integração de todas as tecnologias de tratamento de efluentes necessárias, de modo a alcançar um processo com o melhor custo/solução. Finalizando o desenvolvimento da investigação Laboratorial realiza-se uma apresentação da proposta ao cliente, a qual, se for aprovada, resultante nos desenvolvimentos do projeto, seleciona-se os equipamentos e constrói-se a Estação de Águas Residuais (ETAR).

No funcionamento de qualquer estação de tratamento de águas residuais é necessário a realização de um tratamento primário, para separação e remoção de partículas sólidas suspensas, sedimentáveis ou não, presentes no líquido, dado que os mesmos dificultam ou impedem a sua degradação nas fases seguintes do tratamento. Um dos equipamentos utilizados na fase de tratamento primário é o Flotador Industrial, convenientemente utilizado em diversas situações de tratamento de efluentes industriais.



*Figura 2 - Exemplo do Flotador Industrial [2]*

Este equipamento é uma unidade de separação de partículas sólidas, óleos ou gorduras, existindo atualmente no mercado uma variedade de tipo de produtos com diferentes princípios de funcionamento para remover sólidos com altos teores de óleos, detergentes, entre outros. [3]

A Adventech, neste momento, utiliza os produtos existentes no mercado, cujo funcionamento consiste na introdução de ar pressurizado dentro do tanque que contém a água residual. Por descompressão, formam-se bolhas de ar que arrastam as partículas sólidas, obtendo-se uma mistura que permite que estas fiquem suspensas na superfície do líquido. A remoção das partículas sólidas na superfície do equipamento por arraste.



*Figura 3 - Flotador Industrial utilizado nas Estações de Águas Residuais da Adventech [3]*

O objetivo global da Adventech na área de desenvolvimento de produto é dar continuidade à sua linha de produtos, sem recorrer a produtos da concorrência, evoluindo assim na sua capacidade competitiva, atraindo o seu nicho de mercado e proporcionando inúmeras oportunidades de negócio.



Pretende-se que no tema desta dissertação esteja refletido o objetivo da empresa e as necessidades dos seus clientes, incluindo a identificação de fatores negativos e positivos dos produtos que atuam no mercado. A identificação dos fatores mencionados é bastante importante para interpretar algumas características, necessidades e obter conhecimento real que pode determinar a competitividade e o sucesso do novo produto.

### 1.3 OBJETIVOS DO PROJETO

O objetivo principal no tema da dissertação é desenvolver um trabalho projetual de um Flotador Industrial, tendo como finalidade evolução obter soluções inovadoras de produtos na área de Tratamentos de Águas Residuais. Pretende-se procurar indicadores inovadores e competitivos, focados na necessidade de encontrar uma solução que combine uma relação entre utilizador, performance e design.

A compreensão desta relação pode permitir desenvolver a um produto completamente eficiente e eficaz, sendo para tal necessário caracterizar alguns problemas nos produtos de flotação atuais:

- Relacionamento entre utilizador/produto durante a manutenção e reparação;
- Tempo de vida útil dos componentes do produto (sujeitos a diferentes ambientes atmosféricos), incluindo a definição dos mesmos;
- Tentar concentrar os componentes numa única zona do produto, permitindo facilitar os acessos para manutenção e reparação;
- Aplicar alguns fatores de Ergonomia e antropométricos;
- Valorizar a estética do produto transmitindo eficiência, confiança e profissionalismo.

Paralelamente, pretende-se realizar um estudo comparativo em produtos atuais no mercado e a recolha dos requisitos técnicos existentes. Pretende-se trabalhar na comunicação do produto, tendo em atenção a aplicação da geometria, cores e materiais, incluindo a marca e apresentação do produto final.

Assim, neste trabalho cruzam-se temas como a Engenharia e o Design de Produto, Tratamentos de Efluentes e Flotação para entender como o desenvolvimento deste equipamento pode contribuir para a sua aplicação numa Estação de Águas Residuais.

## 1.4 MERCADO-ALVO DO PROJETO

O principal mercado principal para este equipamento é coincidente com a carteira de clientes da Adventech, sendo o principal objetivo, aplicar este produto no sector industrial como as Estações de Tratamento de Águas Residuais. O principal requisito neste equipamento é o cumprimento do processo de flotação no tratamento de águas residuais, fomentando deste modo uma remoção das partículas sólidas do efluente.

As principais indústrias que normalmente necessitam de uma Estação de Águas Residuais com a necessidade de implementação do processo de flotação pertencem geralmente aos sectores da indústria alimentar, bebidas, transformadora, farmacêuticas, químico, curtumes, entre outros.

Nestes sectores industriais a utilização e manuseio deste produto é efetuado pelos colaboradores das empresas adquirentes ou pela Adventech, existindo a necessidade de proceder à instalação, manutenção e reparação do produto, durante o tempo de vidade mesmo. Paralelamente, os colaboradores do cliente, os utilizadores usuais, responsabilizam-se pela supervisão diária da ETAR, incluindo os componentes da mesma.

O primeiro contacto ou alerta sobre os problemas deste equipamento é efetuado por parte da entidade adquirente, existindo uma necessidade de compreensão do funcionamento do equipamento. Todos os utilizadores devem compreender e saber interagir com o equipamento de uma forma eficiente, eficaz e segura. Estes utilizadores têm preocupações com o desempenho do processo de flotação e as influências que este pode causar na eficiência global do processo de tratamento.

Os clientes da Adventech têm preocupações com os custos de investimento, eficiências processuais e restrições ambientais, sendo usualmente pessoas atentas às tecnologias disponíveis e preocupadas com a imagem das suas instalações/ indústria. Atualmente, a Adventech tem solicitações que apresentam como uma das suas principais requisitos que, as Estações de Águas Residuais que se adaptem ao espaço envolvente ou reutilizem os equipamentos existentes.



## 1.5 METODOLOGIA DO PROJETO

Os princípios de trabalho para a elaboração desta dissertação incluíram uma combinação de conhecimentos teórico-práticos na área de Engenharia e Design de Produto aplicados no sector ambiental, particularmente no tratamento de efluentes. A metodologia abordada e aplicada em todo o desenvolvimento do *Flotador Industrial*, consistiu na interpretação do conceito apresentado em "*Product Design and Development*" por Karl T. Ulrich e Steven D. Eppinger. [4]

Na fase inicial foi realizada um levantamento do projeto para identificar os vários tipos de equipamento de flotação, percebendo assim qual a metodologia de funcionamento mais vantajosa. Posteriormente na fase de investigação e desenvolvimento do projeto identificaram-se alguns problemas atuais, restrições e critérios no design dos flotadores.

Seguidamente, foi analisada uma gama de produtos oferecidos pela concorrência, bem como a abordagem de aspetos relacionados com a ergonomia e antropometria. Desta forma, identificou-se e recolheu-se quais as necessidades fundamentais para o desenvolvimento do *Flotador Industrial*, definindo assim as características do produto. Com a base de dados de informação recolhida e analisada, procedeu-se à fase de desenvolvimento conceptual, na qual foram desenvolvidos conceitos e definida a estruturação dos componentes, especificações técnicas e forma.

Numa segunda fase foram usadas algumas ferramentas de engenharia de desenvolvimento de produto, com o objetivo de desenvolver um modelo CAD e realizar análises estruturais e análise de CFD, verificando a exequibilidade do conceito proposto. Finalizando, avançou-se com a definição da implementação da solução e com uma apresentação do produto final.

## 1.6 ORGANIZAÇÃO DE TRABALHO DO PROJETO

A organização do trabalho para esta dissertação encontra-se dividida em sete capítulos principais:

No capítulo 1, abordado todas as informações introdutórias do tema relativamente ao projeto, incluindo uma identificação da empresa, identificação do tema, objetivos, mercado alvo e metodologias do projeto.

No capítulo 2, apresenta-se uma investigação do projeto para analisar questões sobre os tipos e aplicações de produtos e os atuais problemas dos flutadores industriais. É abordado também as restrições e critérios no design dos equipamentos já existentes no mercado, complementada com uma análise da concorrência e observação direta aos produtos instalados nas ETAR's da Adventech. Conclui-se o capítulo apresentando as necessidades e conclusões referentes ao estudo efetuado.

No Capítulo 3 é apresenta-se a recolha das necessidades e algumas ferramentas utilizadas para compreender e interpretar a importância de cada uma. As ferramentas utilizadas neste capítulo foram a Árvore de Necessidades, Especificações e Métricas do Produto e Casa da Qualidade. Seguidamente este capítulo apresenta o desenvolvimento do conceito, resultante do estudo das questões anteriormente analisadas, permitindo solucionar um conceito que relacione o utilizador, performance e design.

No Capítulo 4 é realizado um estudo da solução proposta, com uma Análise Estrutural e Dinâmica de Fluidos Computacionais (CFD). Na análise estrutural apresenta-se fatores que condicionam o dimensionamento do tanque de flotação de acordo com a densidade do efluente. Na Análise CFD apresenta-se estudos que pode influenciar as características funcionais no tanque de flotação do *flotador industrial* e futuramente ser validados e otimizados.

No Capítulo 5, apresenta-se a implementação da solução, recorrendo ao solidworks para a modelação 3D da proposta final. É apresentado o modelo final, os seus detalhes e os componentes normalizados selecionados, complementado com a seleção de materiais e processos de fabrico.

No Capítulo 6, apresenta-se o produto final enquadrado no ambiente que vai ser sujeito e a marca que foi estudada para comercializar o produto. Paralelamente, para auxiliar a comercialização do produto também se elaborou um folheto informativo e o manual de instruções do produto.

No Capítulo 7, descreve as conclusões obtidas com o desenvolvimento do projeto desta dissertação e verifica a concretização dos objetivos inicialmente propostos. Este capítulo identifica também algumas propostas futuras para a continuação deste trabalho.

Neste documento também encontram-se as referências bibliográficas e anexos que vão sendo inumerados e devidamente identificados ao longo de todo o documento.



## CAPÍTULO 2 | INVESTIGAÇÃO DO PROJETO

### 2.1 TIPOS DE FLOTADORES

A remoção de partículas sólidas pode ser realizada por escoamento ou por arraste superficial, existindo vários tipos de flotadores no mercado. Os principais tipos existentes atualmente são as unidades que utilizam ar dissolvido, ar disperso e vácuo. [5]

Os flotadores por ar dissolvido, na injeção de ar que é dissolvido no efluente, á pressão de várias atmosferas, seguido por uma rápida decompressão para uma pressão atmosférica promovendo a formação de bolhas muito pequenas através do fenómeno de decompressão. Todo o efluente a tratar concentra-se num tanque de retenção aberto, para permitir que o ar se dissolva aquando da sua libertação. Normalmente estes equipamentos são aplicados no tratamento de efluentes industriais e na concentração de lodos

O ar pressurizado é encaminhado para o tanque de flotação, através de uma válvula redutora de pressão, onde é injetado, possibilitando a formação de pequenas bolhas na seção inicial do flotador. Para este efeito, procede-se a uma mistura entre uma parte do efluente tratado, cujo fluxo é recirculado, e do ar injetado, imediatamente antes da admissão ao tanque de flotação, entrando esta corrente em contato com as partículas sólidas contidas no fluxo principal não pressurizado.

O desempenho de um flotador por ar dissolvido depende principalmente da relação entre o volume de ar da fração de sólidos existentes e do caudal de efluente alimentado, para atingir um dado grau de remoção de partículas sólidas e respetiva eficiência.

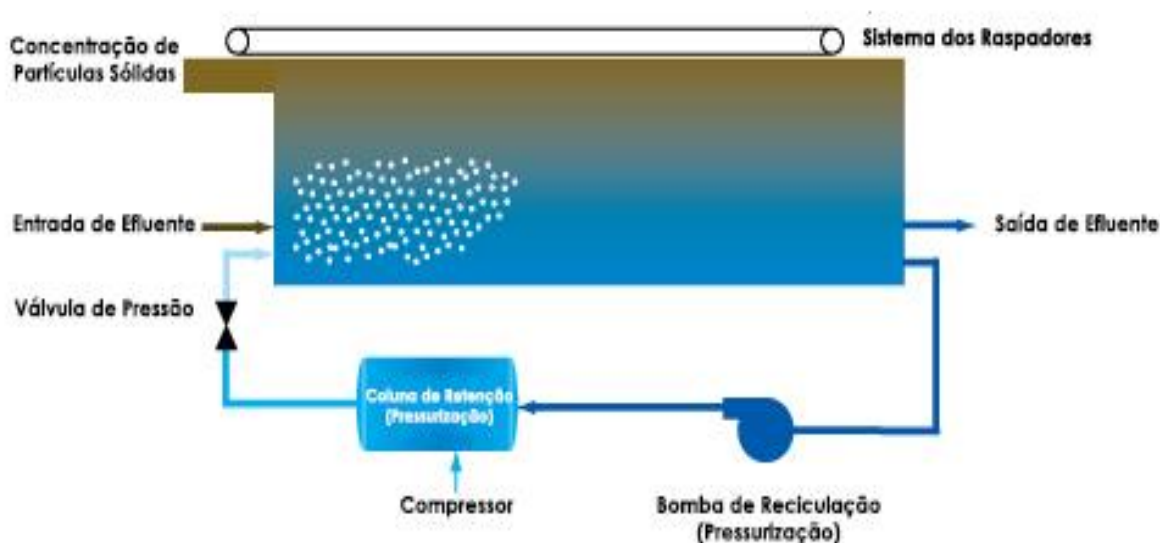
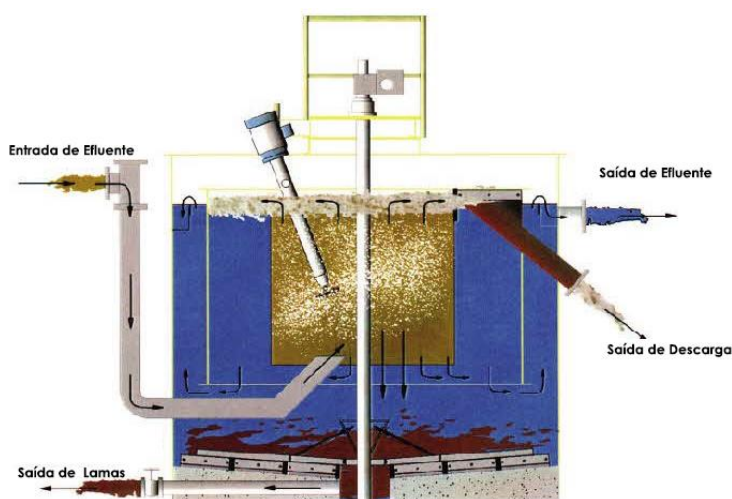


Figura 4 - Sistema de um Flotador por ar dissolvido [6]

Os Flotadores por ar disperso funcionam com base na utilização de um sistema, onde as bolhas de ar são formadas por um mecanismo de difusão (com aplicação de difusores), que dispersa ar injetado no efluente. O objetivo da utilização de difusores é realizar um arejamento autónomo, durante determinado período. Normalmente esta solução não é eficiente comparativamente aos flotadores de ar dissolvido porque as bolhas formadas são tipicamente de maiores dimensões, prejudicando a remoção de partículas sólidas de pequenas dimensões.

Por estes motivos, este processo não é muito utilizado no mercado e é simplesmente aplicado para tratamento de efluentes que formam espumas.



*Figura 5 - Sistema de flotação por ar disperso [7]*

Os Flotadores por vácuo têm como principal princípio de funcionamento a saturação do efluente com a introdução de ar diretamente no tanque de arejamento, que induza sucção do efluente através de uma bomba de vácuo. O vácuo é aplicado para provocar uma libertação do ar dissolvido, sobe a forma de bolhas de pequena dimensão. As bolhas e as partículas sólidas misturam-se e ficam suspensas na superfície para formar uma espuma, que é removida por um mecanismo de arraste.

A unidade consiste num tanque cilíndrico coberto, no qual o vácuo parcial é mantido. O tanque é equipado com mecanismos de remoção de espuma de lamas, sendo as partículas sólidas suspensas são retiradas continuamente.

Segundo fontes bibliográficas, o funcionamento dos flotadores por ar dissolvido tem demonstrado grandes vantagens quando comparado com outros sistemas. **[8]** Os flotadores por ar dissolvidos destacam-se no tratamento de efluentes industriais com elevadas eficiências na remoção de partículas sólidas. Este tipo de flotadores também se destaca devido a serem sistemas mais compactos do que os sistemas alternativos apresentados. A principal desvantagem dos flotadores de ar dissolvido é que requerem um grande investimento, mas é compensado pelos resultados e fiabilidade.



## 2.2 TIPOS DE APLICAÇÕES

Os flotadores Industriais são aplicados nas Estações de Tratamento de Água (Potável) (ETA) e Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR). Na produção de água potável o flotador serve para remoção de partículas sólidas em suspensão, existentes ou precipitadas.

Nas ETAR's, estes equipamentos são utilizados como tratamento primário para eliminar a carga poluente, ou como terciário possibilitando a clarificação final (em substituição de decantação secundária); os flotadores são também utilizados para espessamento de lamas biológicas provenientes da decantação secundária. [9]

Como referido anteriormente, no processo de tratamento de efluentes industriais, os flotadores podem ser aplicados numa gama muito alargada de atividades industriais com o propósito de:

- Remover de gorduras, óleos e lamas (normalmente 95%);
- Remover de sólidos em suspensão (normalmente > 85%);
- Aplicar como um pré-tratamento ou como processo de tratamento de Águas Residuais;
- Eliminar o CQO total e  $\text{CBO}_5$  de águas residuais, reduzindo elevados níveis de sólidos influentes e pré- tratamento químico;
- Separação de partículas sólidas
- Tratar água potável.



## 2.3 ATUAIS PROBLEMAS DOS FLOTADORES

Atualmente existem vários flotadores industriais no mercado, que apresentam alguns problemas de funcionamento. Estes problemas podem estar relacionados com defeitos de instalação e construção, tais como:

- Presença de bolhas grosseiras, resultantes do ar não ser dissolvido;
- Relação entre o ar dissolvido e partículas sólidas;
- Tempos de retenção reduzidos ou excessivos na câmara de flotação.

Estes problemas podem causar vários tipos de consequências, como a perturbação da camada de partículas sólidas através da destabilização da tensão superficial, ou lodos suspensos, causando dificuldades no arraste dos mesmo e a criação de condições para a sua sedimentação.

Para solucionar estes problemas identificados nos produtos atuais, deve-se ter em atenção os fatores que estejam relacionados com o sistema de ar aplicado, quantidade de ar injetado, dimensão das bolhas de ar formadas, concentração de partículas sólidas, velocidade de ascensão das partículas e taxa de alimentação de sólidos (efluente).



## 2.4 RESTRIÇÕES E CRITÉRIOS NO DESIGN DO FLOTADORES

Durante a investigação foram identificadas restrições e critérios que determinação ou inatividade do processo de flotação. Uma restrição ou limitação mal definida pode afetar a eficiência e desempenho do processo. Devido a este motivo, deve-se analisar um conjunto de características, requisitos e expectativas durante o desenvolvimento projetual de um flotador.

Este equipamento poderá ter restrições e critérios que condicionam o seu bom funcionamento, incluindo a eficiência e fiabilidade do processo de flotação. A identificação dos mesmos é fundamental, sendo a forma dos tanques de flotação uma das restrições mais condicionantes na fase conceptual do projeto.

A variedade das formas dos tanques pode condicionar o processo por gerar ou criar acumulação de partículas sólidas em áreas indesejadas bem como promover a perturbação nas aglomerações efetuadas. A maioria das formas existentes no mercado são circulares e retangulares, existindo vantagens em ambos: **[10]**

### Vantagens das formas circulares:

- A construção circular é económica;
- Velocidades baixas mantidas em toda a zona de flotação;
- Sistema de arraste dinâmico, que reduz os requisitos de manutenção e lubrificação das partes móveis;
- Raspadores de fundo podem ser adicionados, com um pequeno custo adicional.

### Vantagens das formas retangulares:

- Conservação de espaço em áreas congestionadas;
- Padrão e tamanhos que permitam configurar e minimizar a área consoante o espaço disponível;
- Elimina a necessidade de raspador de fundo;
- Facilidades de manutenção e reparação;
- Injeção uniforme de ar durante o processo de flotação

Outra restrição e critério bastante importante, que definem muitas vezes este produto, relacionam-se com os componentes necessários, sendo importante conhecer toda a informação técnica.



*Figura 6 - Flotador Industrial em forma retangular [11]*



*Figura 7 - Flotador Industrial em forma circular [12]*

Neste sentido, existe a necessidade de definir os critérios para a realização deste projeto, que incidem sobre a interpretação de diferentes características, que se prevê serem essenciais no flotador, assim como observações de operação da estação de tratamento de águas residuais, para retirar conclusões concretas para as necessidades apresentadas.

Estes critérios são controlados por um grande número de parâmetros de conceção e de funcionamento da ETAR, sendo os seguintes:

- Dimensões do flotador;
- Definição dos caudais de entrada e de saída do efluente;
- Capacidade dos equipamentos auxiliares (tanque flotação, bombas, etc.);
- Variabilidades na operação (quantidade de ar introduzido, quantidade e tipo de produtos químicos adicionados, etc.)

No entanto, também existem parâmetros operacionais do processo de flotação que estão diretamente ligados à área de engenharia, sendo necessária a identificação e definição dos mesmos. Os parâmetros operacionais do processo de flotação são:

- Definição do caudal e pressão necessários;
- Entradas e saídas de efluente com partículas sólidas;
- Saída de efluente limpo;
- Entradas e injeção de ar;
- Nível máximo de efluente no tanque;
- Barreiras de auxílio para a distribuição de ar (caso necessário).

O conhecimento da quantidade de ar introduzido, o caudal e a quantidade pretendida de remoção de partículas sólidas são fundamentais. A definição incorreta destes parâmetros tem uma influência irreversível no funcionamento do produto, devido à sua relação direta com a eficiência do processo. Por isso, é necessário que todas as decisões tomadas sobre o projeto sejam efetuadas com o maior rigor possível.

Na figura 8, encontra-se um esquema que demonstra uma lista de variáveis pertinentes ao bom funcionamento de um processo de flotação. Cada variável caracterizada deve ser analisada e otimizada, durante o desenvolvimento deste equipamento.

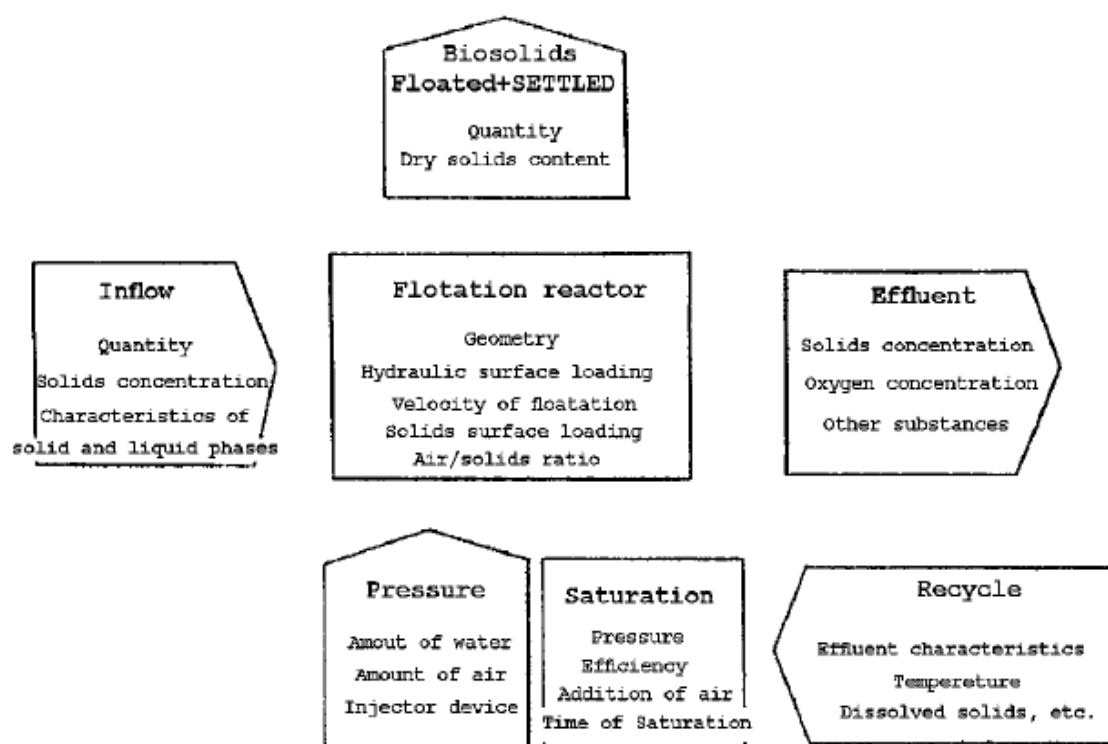


Figura 8 - Esquema da lista das variáveis [13]



## 2.5 ANÁLISE DA CONCORRÊNCIA E NECESSIDADES DO UTILIZADOR

Para que seja possível conhecer os produtos existentes no mercado atual e as necessidades dos utilizadores, é necessário tomar conhecimento da realidade existente recorrendo a um estudo pormenorizado. Em geral, é de enorme importância na área de desenvolvimento de produto, perceber os produtos disponíveis no mercado e as necessidades identificadas pelos utilizadores, retirando partido da conjugação dos mesmos. A recolha de informação permite analisar e interpretar algumas características e ter um conhecimento real, incluindo a deteção de pontos fortes e fracos.

Outro objetivo da análise da concorrência é perceber se as unidades de flotação existentes apenas satisfazem a necessidade do processo de flotação ou se por outro lado incorporam também uma vertente que relacione o utilizador com o design, que deverá ter por finalidade aumentar a capacidade competitiva. A recolha de dados foi o mais abrangente possível, baseado na construção de uma tabela (tabela 1) com as características gerais (simplesmente demonstra dos dados que estão disponíveis por cada identidade) e seguidamente uma descrição produtos.

Tabela 1 - Características dos Produtos da Concorrência

	Quantidades de Series	Tipo de Tanque	Material	Capacidade (m3/h)	Taxa de Overflow (m/h)	Área Superficial (m2)
<b>Redox</b>	6	Aberto	AISI 304 ou 316	1 até 700	-	-
<b>MicroDaf</b>	5	Aberto	AISI 304 ou 316	2,72 até 17,94	29,3	0,54 até 3,68
<b>MacroDaf</b>	-	Aberto	AISI 304 ou 316	23 até 681	2,69 a 2,44	1,76 até 24,15
<b>Headwork- BioDaf</b>	-	Fechado	AISI 304 ou 316	-	-	-
<b>ETS RT- Series</b>	15	Aberto	AISI 304 ou 316	-	-	1,15 até 46,73

## 2.5.1 REDOX – KWF



*Figura 9 - Flotador Industrial da Redox [14]*

As unidades de flotação KWF são extremamente compactas e oferecem tecnologias para remoção de sólidos em suspensão, óleo, gordura e outros materiais dispersos e / ou floculadas com micro flotação. Este equipamento tem um conjunto de lâminas para aumentar a superfície interna, o que resulta numa melhor eficiência de separação com o menor espaço físico necessário. O KWF está equipado com um sistema de arejamento muito eficaz e a conceção do tanque é assente na intenção de evitar as eventuais perturbações dos hidráulicos, alcançando um fluxo laminar estável e absoluto ao longo de toda a unidade. Dependendo da aplicação, a bomba de ar / líquido ou um recipiente de pressão de saturação de ar pode ser aplicada para a formação de uma mistura de água supersaturada / ar. A REDOX, oferece uma disponibilidade de construção em vários materiais e uma tampa articulada caso seja solicitado pelo cliente.

## 2.5.2 P-TEC -HS MacroDAF and MicroDAF



*Figura 10 - Flotador Industrial da HS MacroDAF [15]*

O HS MacroDAF é um equipamento em forma retangular e aberto para o processo de flotação por ar dissolvido, sendo um produto comprovado no mercado por ter conceitos fundamentais em líquido separação / sólidos. A série HS utiliza uma área de superfície "large free" para a flotação em aplicações com elevada quantidade de partículas sólidas.

Estes equipamentos são fabricados em aço inoxidável e são equipados com recirculação sobre alta pressão, através de bombas que são montados na unidade. A operação do sistema pode ser manual ou automática, utilizando um painel de controlo automatizado. O HS MacroDAFs são usados em uma variedade de diferentes indústrias como: os sistemas de pré-tratamento, com ou sem tratamento químico, bem como clarificadores biológicos e sistemas de remoção de partículas sólidas.



*Figura 11 - Flotador Industrial da HS Micro DAF [16]*

O MicroDAF é um equipamento mais pequeno para ser aplicado numa variedade de aplicações hidráulicas com caudais relativamente baixos (tipicamente 100 GPM ou menos), sendo considerado no mercado um produto com um sistema inovador de flotação por ar dissolvido (DAF).

O MicroDAF é um projeto exclusivo da P-TEC com o corpo inclinado, com flotador e um sistema de arraste “built-in”, que tem como resultado global um custo reduzido, alta qualidade no processo de flotação por ar dissolvido e alto desempenho de eficiência para lidar com caudais menores. O material de fabrico deste produto é aço inoxidável com um sistema de arraste com velocidade variável, sistema de recirculação/ aeração com bomba, cabeçalho, controles pneumáticos e um painel elétrico de controlo automatizado.

### 2.5.3 HEAD WORKS - BIO DAF



*Figura 12 - Flotador Industrial da BIO DAF [17]*

Os Headworks BIODAF são equipamentos de flotação por ar dissolvido, proporcionando uma tecnologia de separação de partículas sólidas altamente eficiente e otimizada, sendo considerado um dos equipamentos do mercado que atinge altas taxas de remoção de sólidos, incluindo a remoção de sólidos suspensos totais (TSS) gerado no processo biológico e partículas que não foram removidas durante a remoção de sólidos primária (Separador de Sólidos). A hedworks Bio caracteriza este equipamento pela alta performance, sendo especializada em desenvolvimento de flotadores, aumenta as taxas de remoção de sólidos e reduz a necessidade de espaço para o equipamento.

Esta empresa também advoga as seguintes vantagens de desempenho:

- Baixa exigência Química - O design eficiente reduz a necessidade de fornecimento de coagulante, reduzindo os custos totais operacionais;
- Operação Fácil - Equipamento com um processo de flotação por ar dissolvido autónomo com a oferta química minimizada e construído apenas a partir de componentes de aço inoxidável.

## 2.5.4 ETS ENVIRONMENTAL – RT SERIES



*Figura 13 - Flotador Industrial da ETS Environmental [18]*

ETS tem disponível no mercado uma série RT de sistemas de flotação por ar dissolvido, que está disponível em aço inoxidável 304 ou 316 e comercializado completamente montado, para facilitar a instalação do mesmo (sem existir necessidade de montagem na instalação que vai ser aplicado).

## 2.6 OBSERVAÇÃO DIRETA DE FLOTADORES

A observação direta é uma técnica baseada na recolha de dados feita a partir da observação efetuada pelos utilizadores do produto, neste caso do *Flotador Industrial* no contexto real da sua aplicação. Esta ferramenta, tal como a análise da concorrência, serviu para identificar necessidades, perceber melhor alguns aspetos de ordem técnica, bem como entender o sistema de funcionamento dos *flotadores industriais* de forma visual e prática durante a sua operação.

A abordagem apresentada em [4], define a observação direta como sendo uma ferramenta “ De observação do utilizador a usar um produto já existente ou executar uma tarefa para a qual um novo produto se destina, podendo revelar detalhes importantes sobre as necessidades dos clientes (...). Esta metodologia baseada na observação pode ser uma ferramenta completamente passiva, sem qualquer interação direta com o utilizador, facultando os projetista trabalhar lado a lado com um utilizador, permitindo que os membros da equipa de desenvolvimento tenham a experiência do primeiro impacto com o produto. Idealmente, os membros da equipa podem observar o produto no ambiente de utilização real.” [19]

Seguindo esta metodologia, foram realizadas duas visitas a Estações de Tratamento de Águas Residuais da Adventech, onde se encontram dois tipos de flotadores industriais. No entanto, antes de proceder à descrição da visita, é fundamental afirmar que ambos os equipamentos são constituídos por um tanque retangular aberto, divididos em três compartimentos: compartimento de entrada do efluente com partículas sólidas, compartimento do processo de flotação e arraste de partículas sólidas e compartimento de descarga de água tratada.

No compartimento do processo de flotação encontram-se injetores de mistura de água, ar e sistema de arraste (raspadores) das partículas sólidas aglomeradas formadas (conhecido por lamas) movimentado por um motoredutor que determina a velocidade de arrasto e deste modo a quantidade de sólidos removidos em função do tempo de operação.

Durante o processo, as partículas sólidas aglomeradas formadas são arrastadas e descarregadas para o compartimento de descarga das mesmas. O efluente resultante (limpo) passa para o compartimento de descarga do mesmo. Este compartimento em ambos os flotadores tem um sistema que serve para ajustar a altura do nível (cota) do efluente que determina também a profundidade à qual os raspadores arrastam as lamas. A dimensão de partículas sólidas depende maioritariamente das características do efluente e das cargas de agentes químicos utilizados potenciadores da sua formação (coagulante/floculante), e apesar do sistema de arraste não ser regulado pode ajustar-se a posição da descarga de água, que de forma indireta regula os raspadores, como referido anteriormente. Quanto mais alta a saída do efluente limpo, mais alto será o nível do efluente dentro do tanque do flotador, ou seja os raspadores podem arrastar mais partículas sólidas, dependendo da quantidade formada, bem como da variação de sólidos contidos no efluente.





Ambos os equipamentos analisados têm um circuito de pressurização, que consiste numa coluna onde é injetado ar e no lado oposto entra água residual/ ou mistura com efluente reciclado. O funcionamento da coluna é baseado em injeção de ar, quando submetido a uma intensa compressão, recorrendo à bomba de pressurização. O ar é fornecido por um compressor externo e o seu funcionamento é controlado através de um pressostato.

Ambos os equipamentos têm um sistema de recirculação, que é concretizada através de uma bomba que produz a impulsão e a mistura do ar com o efluente de recirculação, que será injetado novamente no tanque de flotador. A pressão da mistura é medida pelo sensor de pressão e a injeção é realizada através de válvulas pneumáticas com diferentes temporizações. Para além do referido, também existe uma purga, usualmente situada no fundo do flotador, que é atuada de forma automática recorrendo a uma válvula de borboleta com um atuador pneumático.

Os equipamentos também têm um quadro elétrico onde se encontra incorporado todo o controle do sistema pneumático com os componentes necessários para o correto funcionamento do circuito, permitindo também a visualização independente do funcionamento de cada um dos elementos.



*Figura 14 - Flotador Industrial na ETAR da Adventech*



No dia 3 de Dezembro de 2014, foi efetuada uma visita a uma Estação de Tratamento de Águas Residuais da Adventech na zona norte do país, usado no tratamento de efluentes resultantes da transformação de carne e peixe. Este efluente é caracterizado por uma sequência de trabalho laboratorial efetuado pela Adventech e apresenta uma necessidade de diversas sequências de tratamento, para obter soluções capazes de atingir os parâmetros de descarga legislados.

Uma das fases de tratamento existente nesta ETAR é o processo de flotação, sendo utilizado para esse efeito um produto da concorrência bastante compacto e robusto. Este flotador industrial contém uma capacidade de tratamento de 3m<sup>3</sup>/dia e é construído em aço AISI 304. Caracteriza-se por ser um equipamento com um tanque de receção de águas residuais que contém grandes teores de sólidos, proporcionando tempo de retenção suficiente para a pré desidratação do sistema de arraste.

Este sistema permite uma remoção eficiente de partículas sólidas em suspensão, óleo, gorduras, entre outros materiais dispersos oriundos do processo transformador.

A descrição apresentada pela concorrência descreve este produto como uma unidade de processo de flotação que se baseia na eliminação de perturbações hidráulicas, resultante de um fluxo laminar estável e constante em todas as secções transversais do sistema.

Dependendo da aplicação, especialmente no que diz respeito à quantidade de sólidos a ser removida, uma bomba de vários estágios de gás / líquido ou uma unidade de tipo de saturação promovida por um vaso de pressão, é aplicada para gerar uma mistura sobressaturada água / ar. [20]

Durante a visita a esta ETAR, examinou-se o equipamento, esvaziando-se o equipamento para analisar e compreender o desenho do tanque. Este tanque é dividido em três compartimentos, como mencionado anteriormente, contudo o compartimento da saída das partículas sólidas é desenhado de uma forma específica para permitir a eficiência na descarga das lamas. Na figura 15, apresenta-se uma imagem deste compartimento.



*Figura 15 - Descarga das Lamas do Flotador Industrial*

O compartimento para o processo de flotação é bastante grande e é estruturado com umas barreiras de auxílio que permitem orientar o fluxo ascendente do efluente, resultando um fluxo laminar estável, promovendo um processo de flotação completo em todas as secções transversais do sistema. Na figura 16, apresenta-se uma imagem do interior do tanque



*Figura 16 - Barreiras de Auxílio do Flotador Industrial*

A regulação da saída do efluente limpo é um sistema muito simples constituído por dois tubos roscados, onde o tubo macho contém um veio sem-fim a atravessar o perfil para facilitar o ajuste pelo utilizador. Na figura 17, apresenta-se a saída do efluente.



*Figura 17 -- Saída do Efluente do Flotador Industrial*

Paralelamente, também se analisou a estética do produto, que vai ao encontro dos fatores mencionados na secção de análise da concorrência. No conjunto de imagens da figura 19, constata-se que estes equipamentos têm os seus componentes muito dispersos, o que prejudica a facilidade de acesso, incluindo o tempo de vida útil dos mesmos.

Durante a visita, percebeu-se que os tubos de ar estão muito degradados e quebram facilmente, existindo a necessidade de estudar o material mais adequado a ser aplicado, de forma a precaver este fator negativo apresentados nos produtos da concorrência.

Contudo, também é óbvio que no desenvolvimento deste produto existe uma grande preocupação de operacionalidade do processo e de eficiência, que não é conjugada com os atributos chave de design. A aplicação de atributos chave pode claramente criar num grande impacto, comparativamente aos existentes na concorrência, e assim ser um produto de carácter comercial, sendo esse um ponto forte para competir com o mercado atual.



*Figura 18 - Sistema de Pressurização do Flotador Industrial*



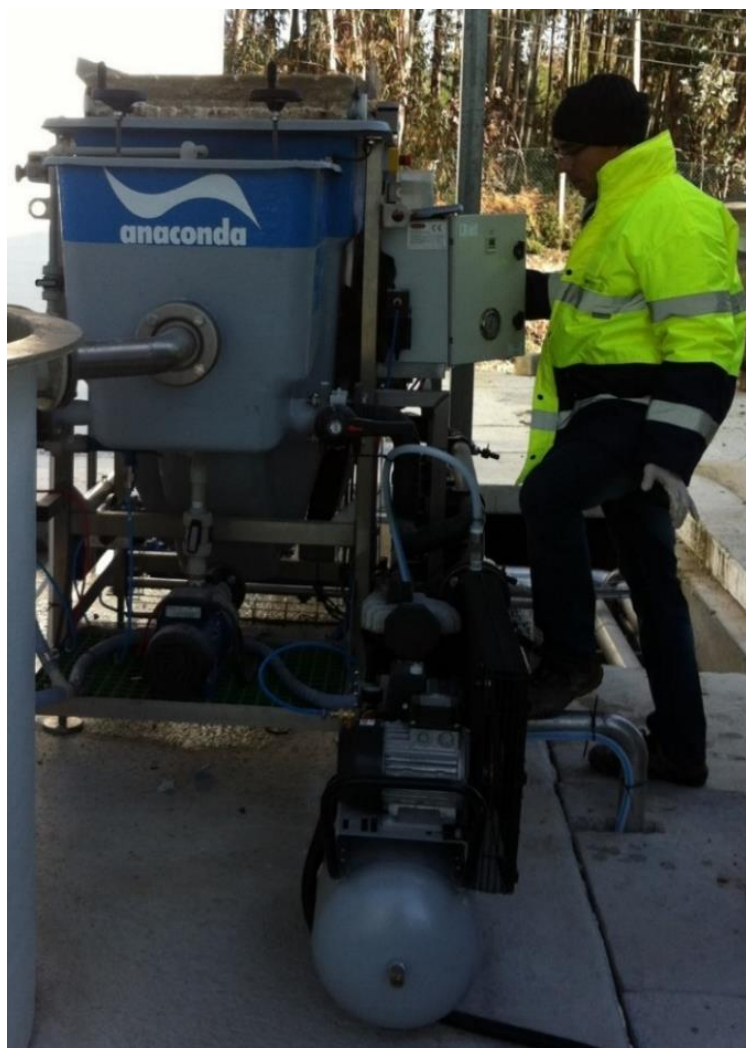
*Figura 19 - Componentes do Flotador Industrial*

No dia 3 de Março de 2015, foi efetuada uma visita a uma Estação de Tratamento de Águas Residuais da Adventech na zona centro do país, tratando-se de uma instalação de tratamento de efluente do processamento de batata em fase de arranque

Este efluente é caracterizado por elevado teor de óleos e gorduras, que exige diversos níveis de tratamento capazes de atingir os parâmetros adequados de descarga.

O Flotador Industrial utilizado é bastante compacto e robusto, tem capacidade para tratar um caudal de 2m<sup>3</sup>/dia e um sistema de floculação integrado. O equipamento é produzido em polietileno de alta densidade para ser utilizado em processos de tratamento químico, sendo uma solução efetiva para qualquer aplicação.





*Figura 20 - Flotador Industrial na ETAR da Adventech*

Antes do início do arranque do equipamento existem algumas condições operacionais necessárias que têm de ser efetuadas pelo utilizador, tais como: a medição do pH, ajuste de coagulante para formação de flocos de pequenas dimensões e deste modo aumento da quantidade de sólidos. O parâmetro que normalmente exige mais ajuste é o coagulante, porque influencia a dimensão e quantidade das partículas sólidas. Paralelamente, o operador também tem que verificar o pH e visualizar ou quantificar a massa de partículas sólidas rececionadas na unidade de flotação, que são dependentes do caudal.

Durante a visita efetuada foi verificada a realização deste processo por parte do operador, e na figura 21, apresenta-se um conjunto de imagens das fases da adição de coagulante. Para além das questões operacionais do utilizador, também existem alguns ajustes de equipamento, tais como: taxa recirculação, tempo de purga, tempo de dispersão/ injeção de ar, velocidade e profundidade dos raspadores.



*Figura 21 - Fases do processo do ajuste do Coagulante*

Durante a visita a esta ETAR, observou-se que o equipamento dispõe de uma passarela para facilitar que o utilizador consiga observar o funcionamento da máquina, atendendo a que a altura do equipamento pode dificultar essa tarefa. No entanto, a passarela não é a solução mais adequada porque não oferece estabilidade nem segurança ao utilizador e, no desenvolvimento de um novo produto, deve ter em conta este fator negativo encontrado.

Este equipamento tem uma vantagem relativamente ao anterior porque contém um sistema de nivelamento na estrutura, facultando o ajuste ao pavimento onde é instalado, garantindo o nivelamento do flotador durante a montagem e posteriormente do efluente que vai estar dentro do tanque.

Na observação do equipamento também se destaca o facto de apresentar todas as medidas de prevenção, tais como a representação da simbologia de sentido de giro, indicadores de conexões para fluidos, risco elétrico, produtos corrosivos, entre outros. É possível visualizar uma das simbologias, na figura 22, representando a identificação dos apoios que permitem que o equipamento seja transportável.

No entanto, este equipamento tem algumas falhas no desenvolvimento do sistema de arraste, como se pode analisar na figura 23, onde as correntes se estão a deformar devido ao peso provocado pela sujidade proveniente da remoção de partículas sólidas nos raspadores. Este facto pode ser resolvido através de linhas de guias, permitindo auxiliar e ainda reforçar o sistema de arraste. O sistema de arraste também contém proteções e não devem ser desmontadas com a máquina em funcionamento.



*Figura 22 - Sistema de Nivelamento*



*Figura 23 - Medida de Segurança para transportar*



Na figura 24, apresenta-se o sistema de nivelamento deste equipamento, sendo um sistema muito mais complexo que o equipamento visualizado na visita anterior. A complexidade deste sistema também oferece algumas facilidades de autonomia e de manuseamento, ou seja o utilizador consegue identificar o funcionamento do ajuste sem nenhuma dificuldade e é muito mais acessível do que o equipamento anterior. O simples facto de ter manipuladores também transmite ergonomia e conforto para o utilizador.



*Figura 24 - Correntes do Flotador Industrial deformada*





## CAPÍTULO 3 | DESENVOLVIMENTO CONCEPTUAL

### 3.1 RECOLHA DAS NECESSIDADES

"A recolha de necessidades no desenvolvimento de um produto é de extrema importância, na medida em que permite que os projetistas se foquem nas características de um produto, tendo em conta a opinião dos utilizadores relativamente a esse produto."

**[4]**

A recolha de necessidades essenciais ao desenvolvimento deste projeto foi elaborada por duas abordagens: análise da concorrência e observação direta.

Através da análise dos produtos concorrentes e da observação direta, encontraram-se necessidades muito relevantes para o projeto:

- Boa localização dos injetores de efluente e ar;
- Dimensionamento adequado;
- Desempenho Eficiente;
- Remoção de uma elevada taxa elevada de sólidos suspensos e de gorduras;
- Fluxo laminar estável;
- Fluxo estável em todas as secções do sistema;
- Acionamento e Arranque simples;
- Facilidade de visualização e acompanhamento do processo de flotação;
- Estruturação dos componentes do equipamento;
- Fácil transporte;
- Nivelamento do efluente ajustável;
- Ajustável a vários pavimentos;
- Implementação e incrementação de pré- tratamento químico;
- Facilidade de ser usado em diversos tipos de tratamento;
- Adequado a vários ambientes atmosféricos;
- Cumprimento das normas de fabrico e produção;
- Cumpre as normas de segurança;
- Implementação de medidas de prevenção;



- Escolha dos materiais sob medida;
- Componentes não sujeitos a vários ambientes atmosféricos
- Mantém a sua performance constante ao longo do tempo;
- Construção Robusta;
- Compactação;
- Comunica os atributos-chave através do design;
- Intuitivo na utilização;
- Formas que interagem com o utilizador;
- Comunica a imagem da empresa;
- Otimização de acessos à para favorecer a substituição de componentes;
- Identificação das ligações dos diferentes mecanismos do equipamento.

As necessidades mencionadas são de extrema importância, devido ao facto de estarem estritamente relacionadas com a performance da unidade e com a melhoria operacional para o utilizador. Neste tipo de produto, a interação do utilizador não se resume somente à operação, mas também à sua manutenção e reparação. Estas tarefas estão conotadas com o facto de os vários componentes estarem dispersos e sujeitos a várias condições atmosféricas e inerentes ao processo, que promovem a sua degradação e redução do seu tempo de vida útil.

Estas tarefas de substituição e/ou reparação, acabam por criar alguma dificuldade aos utilizadores devido a possíveis casos de inacessibilidade e de dificuldade de identificar e compreender as ligações dos mecanismos existentes, especialmente quando se trata do sistema pneumático. Estas dificuldades revelam que estas tarefas são desvantajosas a nível de custos de operacionais, uma vez que o utilizador despende demasiado tempo, com a sua realização mas também pela diminuição da performance do processo pelo facto de o equipamento estar parcialmente ou totalmente inativo.

Esta questão relacionada com as tarefas de manutenção e reparação, demonstra a necessidade de analisar e trabalhar estas questões a nível do desenvolvimento de produto, de modo a melhorar e assegurar a estabilidade da performance, o tempo de vida útil dos flutadores e incluem formas de acesso adequadas. Durante o desenvolvimento do produto, existe a necessidade de abordar e estudar fatores de ergonomia e antropométricos, de forma a proporcionar um design e soluções que proporcionem um melhor desempenho.

Na abordagem aos pontos relacionados com a ergonomia, tem-se em consideração uma diversidade de fatores relacionados com o ser humano, as suas características físicas, fisiológicas e psicológicas. A ergonomia está presente nas ações do utilizador do flutador, porque esta está implícita na adaptação e interação entre os componentes, sistemas e o



ambiente de trabalho. De um modo geral, a ergonomia visa garantir o desempenho, produtividade, eficácia, mas também conforto e segurança.

“A Ergonomia objetiva modificar os sistemas de trabalho para adequar a atividade neles existentes às características, habilidades e limitações das pessoas com vistas ao seu desempenho eficiente, confortável e seguro” (ABERGO, 2000).

A Associação Internacional de Ergonomia divide a ergonomia em três partes: **[21]**

- Ergonomia Física

Está relacionada com a postura apresentada no trabalho pelo ser humano, incluindo a forma como utiliza o seu material e todo o manuseamento/movimentos com o mesmo. A existência de uma boa ergonomia física reflete-se na compreensão e conhecimento do corpo humano, assim como no ambiente na qual a atividade física se desenvolver.

- Ergonomia Cognitiva

Centra-se essencialmente para os aspetos da atividade mental realizada pelo utilizador durante a elaboração do seu trabalho/ tarefa. Refere-se a processos mentais, como a perceção, a atenção, o controlo motor e armazenamento cognitivo, das quais depende a interação entre seres humanos e elementos de outro sistema. A ergonomia cognitiva facilita a compreensão e o desenvolvimento das tarefas por parte do utilizador, que por vezes as pode executar intuitivamente.

- Ergonomia Organizacional

Está relacionada com a organização implementada em toda a atividade laboral de forma macro, melhorando positivamente toda a sua atividade. A ergonomia organizacional é um procedimento que promove sistemas internos funcionais que possibilitam que o ser humano realize as suas tarefas de forma automática.

A atuação da ergonomia pode reduzir a carga física do utilizador durante a manutenção e/ou reparação do flutador, respeitando paralelamente as necessidades e características inerentes ao produto. A implementação da ergonomia durante o desenvolvimento de um flutador pode facilitar a postura do utilizador durante a operação, através da aplicação de espaçamentos e dimensões adequados para a instalação, manutenção e reparação do equipamento. Outro aspeto importante que a ergonomia pode transmitir, é a facilidade de compreensão e organização das instalações implementadas no flutador, porque existe uma necessidade de o utilizador desenvolver as suas tarefas intuitivamente.

A Diretiva 2006/42/CE descreve os requisitos essenciais de saúde e de segurança relativos à conceção e ao fabrico de máquinas:

“Nas condições de utilização previstas, o incómodo, a fadiga e a tensão física e psíquica do operador devem reduzir-se ao mínimo possível, tendo em conta os princípios da ergonomia, nomeadamente: ter em conta as diferenças morfológicas, de força e de resistência dos operadores, prever um espaço suficiente para permitir o movimento das diferentes partes do corpo do operador, evitar que a cadência de trabalho seja



determinada pela máquina, evitar uma supervisão que exija uma concentração prolongada e adaptar a interface homem/máquina às características previsíveis dos operadores." [22]

No entanto, a aplicação de ergonomia necessita de um complemento que fornece conhecimentos e princípios gerais, conhecido por medidas antropométricas. [23] A antropometria deve ser aplicada nas etapas iniciais do desenvolvimento de um projeto e deve ser complementada com uma compreensão da relação/interação do utilizador com os componentes.

A ergonomia e a antropometria podem ajudar mutuamente no desenvolvimento de um Flotador Industrial percebendo a influência das medidas globais e parcelares do corpo humano e assim auxiliar a distribuição dos componentes. Estes componentes devem estar estruturados para facilitar a manutenção e reparação do produto, de uma forma ergonómica para o utilizador. Devem ser consideradas em conjunto com o ambiente e a mecânica do produto, para que resulte num ajuste mútuo.

A antropometria é definida nas maiores diferenças em termos corporais que são devidas à diversidade étnica, sexo e idade. A questão antropométrica complementa-se porque é bastante abrangente e o estudo da mesma reflete-se num sistema de medidas subdivididas em subsistemas de antropometria estática e dinâmica. [23]

As medidas Antropométricas Estáticas refletem-se em valores estruturais do corpo sem ou com poucos movimentos. Alguns exemplos incluem a postura, a altura do ombro e do olho. As medidas Antropométricas Dinâmicas estão relacionadas com as medidas que se referem a valores de ação, como por exemplo, a extensão de movimento de uma articulação ou da força das várias ações da articulação. Estes dados também incluem as medidas do alcance e espaço livre em condições operacionais.

Deste modo, pretende-se que no desenvolvimento do projeto se apliquem fatores ergonómicos e antropométricos para facilitar o manuseamento e com design, incluindo a aplicação de considerações sobre as restrições do corpo humano. Na investigação efetuada ao longo do projeto, conclui-se que o produto deve refletir quatro fatores muito importantes e necessários para o utilizador, o espaço, o alcance, a força e a postura.

O produto deve ter pelo menos um espaço necessário para o utilizador facilmente aceder e manusear os componentes. Os componentes devem estar acessíveis, e o utilizador deve ter a capacidade de os agarrar e operar durante a manutenção e reparação, atendendo a que irá necessitar de aplicar força durante a execução dessas tarefas.

Por fim, a postura do utilizador é determinada pela relação entre as dimensões do seu corpo e do "envolvimento", tornando os problemas de postura normalmente mais complexos de solucionar do que os problemas relacionados com espaço livre e alcance.

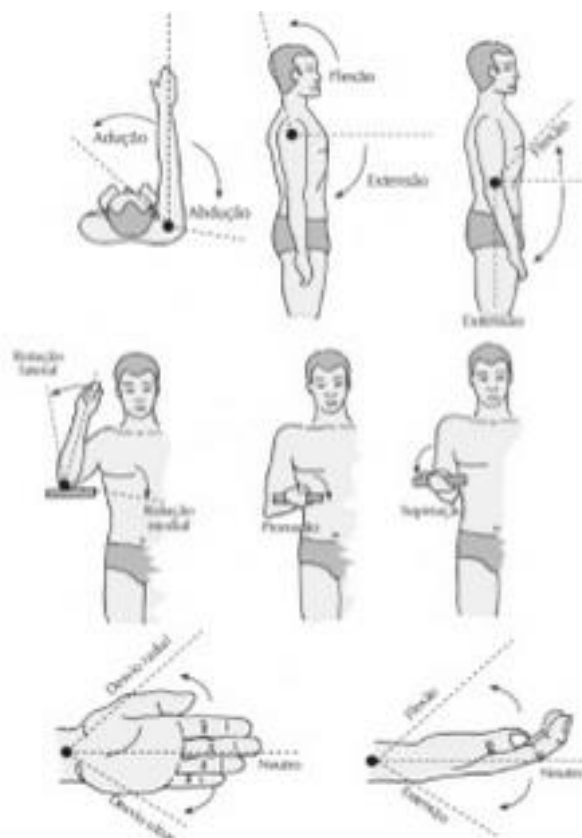


Figura 25 - Dimensões Dinâmicas de Antropometria [23]

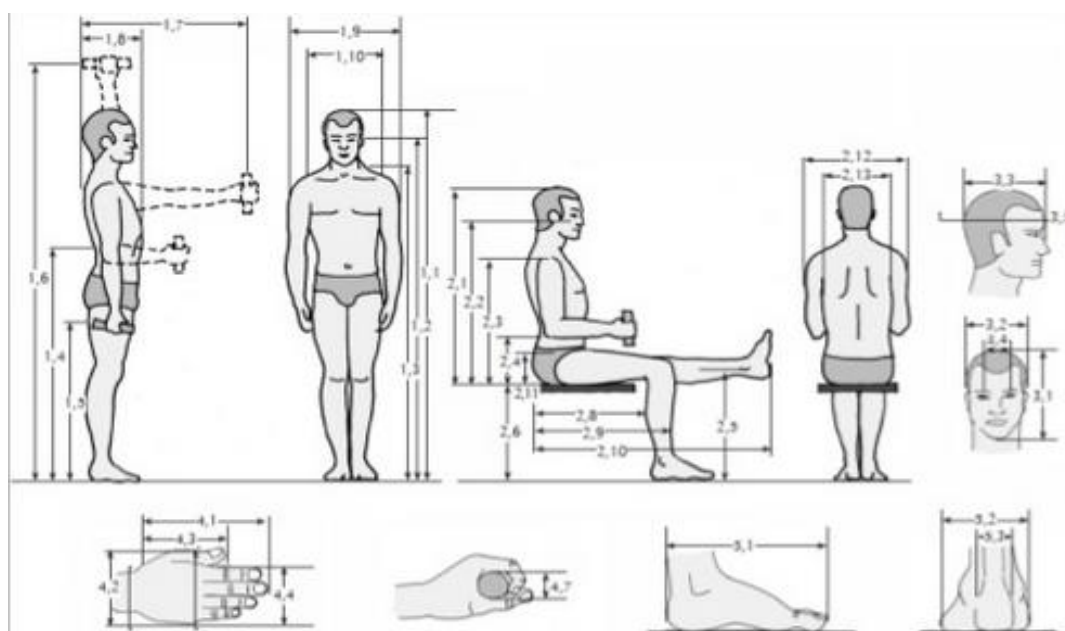


Figura 26 - Dimensões Estáticas de Antropometria [24]



## 3.2 ÁRVORE DAS NECESSIDADES

Segundo o autor Para Paladini (1995, p 245) “ o diagrama de árvore é uma estratégia que direciona o planeamento para alvos específicos (metas intermediárias). O diagrama da árvore, dessa forma propõe uma metodologia voltada para o alcance de metas, o que torna o processo de planeamento mais eficiente e direto”. [25]

Desta forma, com a recolha de todos os requisitos, identificados anteriormente, desenvolveu-se uma estrutura hierárquica, mais conhecida por diagrama de árvore ou árvore das necessidades. Esta árvore de necessidades inclui as dimensões primárias, secundária e terciária, conseguindo-se ter uma melhor perceção das necessidades de forma a permitir a identificação individualizada num elevado grau de detalhe.

Na tabela 2, apresenta-se a árvore de necessidades desenvolvida para este projeto, segundo a base das oito dimensões de qualidade sugeridas por David A. Garvin. As dimensões de qualidade sugeridas foram as seguintes: [26]

- **Desempenho:** características operacionais para um bom desempenho do equipamento. Esta dimensão reflete-se numa combinação de elementos fundamentais sustentados no produto e no utilizador.
- **Características:** são complementos secundários que permitem melhorar o funcionamento do equipamento, podendo ser considerados como “adereços”.
- **Confiabilidade:** esta dimensão reflete-se na influência das medidas previstas, que podem ser implementadas para prevenir o mau funcionamento do equipamento, como por exemplo o tempo de falha, a possibilidade de defeitos, etc.
- **Conformidade:** consideração de um equipamento confiável e as probabilidades de falhas durante o ciclo de vida do produto.
- **Durabilidade:** vida útil do equipamento e possui as dimensões económicas e técnicas. Esta dimensão de durabilidade reflete-se no tempo de uso proporcionado por um equipamento até à necessidade da sua reparação ou substituição.
- **Atendimento:** facilidade nos serviços pós-venda de operações de reparação e manutenção, devido a existir uma probabilidade elevada de os utilizadores na compra se preocuparem com a possibilidade de um produto danificar e como resolvem a o seu problema, ou seja na compra do equipamento os utilizadores preocupam-se com a reparação e manutenção, tendo em conta os custos, tempo e eficiência durante a operação.
- **Estética:** esta dimensão está diretamente relacionada com a apresentação do equipamento a nível do design, podendo ser uma medida bastante competitiva para atingir o mercado alvo e sustentar uma concordância com a linha de produtos existentes.



- **Qualidade percebida:** é uma dimensão que está relacionada com o facto de ser reconhecida a qualidade de um produto com base no conhecimento e experiência da empresa.

Tabela 2 - Árvore de Necessidades

NÍVEL PRIMÁRIO - ESTRATÉGICO	NÍVEL SECUNDÁRIO - TÉCNICO OPERACIONAL	NÍVEL TERCIÁRIO - FUNCIONAL
DESEMPENHO	Função	Adequação do volume do tanque de flotação
		Boa localização dos injetores de efluente ar
		Dimensionamento adequado
		Desempenho Eficiente
		Permite a remoção de uma elevada taxa de sólidos suspensos e de gorduras
	Operação	Permite um fluxo constante laminar estável em todas as secções do sistema
		Permite um fluxo em todas as secções do sistema
		Acionamento e Arranque simples
	Ergonomia	Facilidade de visualização e acompanhamento do processo de flotação
		Estruturação dos componentes do equipamento
		Dimensionamento adequado
		Fácil transporte
CARACTERÍSTICAS	Características	Permite ajustar o nivelamento do efluente
		Ajustável a vários pavimentos
		Permite ser implementado em técnicas de pré-tratamento químico
		Permite ser usado para diversos tipos de tratamento
CONFORMIDADE	Normativas	Cumprir as normas de fabrico e produção
		Cumprir as normas de segurança
CONFIABILIDADE	Segurança	Implementação de medidas de prevenção
DURABILIDADE	Materiais	Adequado a vários ambientes atmosféricos
		Permite a escolha dos materiais sob medida
	Componentes	Estruturação dos componentes do equipamento
		Componentes não sujeitos a vários ambientes atmosféricos
		Mantém a sua performance constante ao longo do tempo
QUALIDADE PERCEBIDA	Expectativa	Construção Robusta
ESTÉTICA	Design	Compactação
		Comunica os atributos-chave através do design
		Intuitivo na utilização
		Formas que interagem com o utilizador
		Comunica a imagem da empresa
ATENDIMENTO	Reparação/Manutenção	Otimização de acessos para favorecer a substituição de componentes
		Identificação das ligações dos diferentes mecanismos do equipamento

Uma árvore de necessidades deve ser construída com ponderações, de modo a determinar a importância de cada um dos requisitos para o utilizador, recorrendo ao modelo de Kano. **[19]**

O modelo de Kano é uma ferramenta que permite a priorização das necessidades. Esta ferramenta avalia as necessidades, identificando quais as que traduzem satisfação ou insatisfação por parte do cliente, assim como as que traduzem uma melhor performance ou não no produto. **[27]**

Esta ferramenta admite recorrer a um questionário fechado, onde se colocam diversas questões sobre o produto ao utilizador, com o objetivo de perceber como o utilizador se sentiria se o produto tivesse ou não os requisitos identificados.

Assim, podem organizar-se as necessidades identificadas de acordo com a sua importância e nos seguintes grupos: Unidimensionais, Obrigatórias, Atrativos, Indiferentes, e Questionável. **[28]** O conceito de cada grupo define-se da seguinte forma:

- Obrigatório (O): se os requisitos não estiver presente ou se o grau de desempenho for insuficiente, o cliente ficará insatisfeito, por outro lado, se estiver presente ou tiver grau de desempenho suficiente, trará satisfação;
- Unidimensionais (U): quanto a este atributo, a satisfação é proporcional ao grau de desempenho. Quanto maior o grau de desempenho, maior será a satisfação do cliente e vice-versa
- Atrativos (A): este atributo é ponto-chave para a satisfação do cliente, se tiver alto grau de desempenho trará plena satisfação, porém, não trará insatisfação ao cliente se não for atendido;
- Indiferentes (I): Atributos que não traduzem uma maior satisfação, nem melhoria de performance na sua presença.
- Questionável (Q): esta avaliação indica que a pergunta foi formulada incorretamente, ou que o cliente não entendeu a pergunta corretamente, ou que a resposta foi inconsistente.

Na Figura 27 apresenta-se graficamente a teoria do Modelo de Kano. " Este modelo teórico baseia-se na relação do grau de desempenho (eixo horizontal) com o grau de satisfação (eixo vertical), sendo que cada atributo resultante das diferentes relações entre os graus é descrito na sequência (exceção para o atributo questionável, que não é representável no modelo teórico)." **[29]**

No entanto, este projeto está a ser desenvolvido em âmbito empresarial e existe alguma dificuldade em realizar a definição da amostra, aconselhada na bibliografia de desenvolvimento de produto. Desta forma, define-se a importância de cada requisito de acordo com as exigências e perceção das necessidades decorrentes da experiência profissional da Adventech.



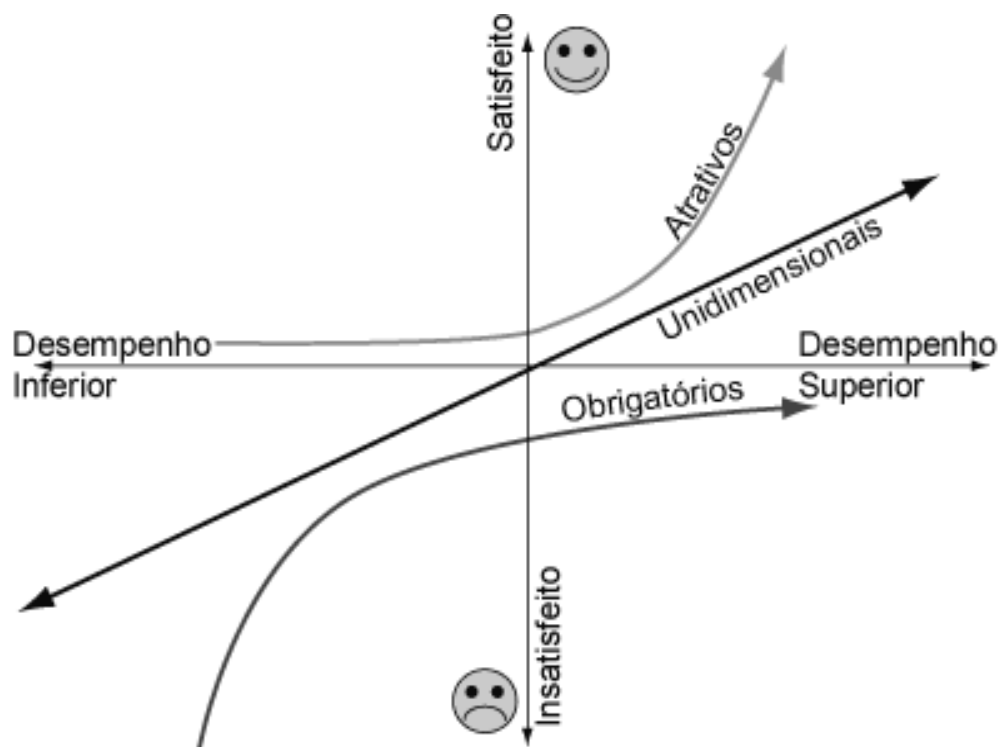


Figura 27 - Representação Esquemática do Modelo Kano [30]

Em Anexo 1, encontra-se a Árvore de Necessidades com Ponderações efetuada. Resumindo, a informação obtida através da aplicação desta ferramenta, apresenta-se nos Gráficos 1 e 2.

As percentagens dos gráficos foram obtidas através da Arvore de Necessidades com moderações, onde esta foi calculada da seguinte forma:

- Definiu-se uma pontuação dos requisitos consoante a importância relativa e dividiu-se cada pontuação pelo grande total dando a soma de tudo 100%
- Para saber a percentagem que cada categoria do nível secundário, realizou-se uma a média de cada subtotal e dividiu-se pelo grande total.
- Para o nível primário simplesmente realizou-se uma soma de cada categoria do nível secundário pertencente a cada secção, ou seja, Desempenho = Função + Operação + Ergonomia

Com a informação apresentada na Gráfico 1, pode-se afirmar-se que a dimensão de mais revelante no desenvolvimento de um novo flotor é o desempenho. Esta importância já era previsível devido ao facto de que todas as necessidades, que se encontram descritas nesta secção, serem requisitos relacionados com características operacionais e um bom desempenho do produto, e pelo facto de terem sido automaticamente pontuadas com a avaliação máxima e assim consideradas como necessidades obrigatórias.

As segundas dimensões da qualidade mais importantes são as características de conformidade e confiabilidade. Durante o projeto deve ter-se em consideração estes dois fatores para atingir objetivos que podem melhorar o funcionamento de forma secundária, como complemento ao desempenho do equipamento.

As restantes dimensões da qualidade não têm um grau de importância tão elevado, comparativamente às mencionadas, mas são dimensões que podem melhorar o desenvolvimento do produto e oferecer ao mercado atual um produto muito competitivo (ex. Estética do Produto).

Na informação apresentada no Gráfico 2, pode-se verificar que os resultados do nível secundário são uma reflexão dos resultados do nível primário. Simplesmente permite ter resultados detalhados de características específicas, facilitando assim a compreensão da importância de cada uma no desenvolvimento do *flotador industrial*.

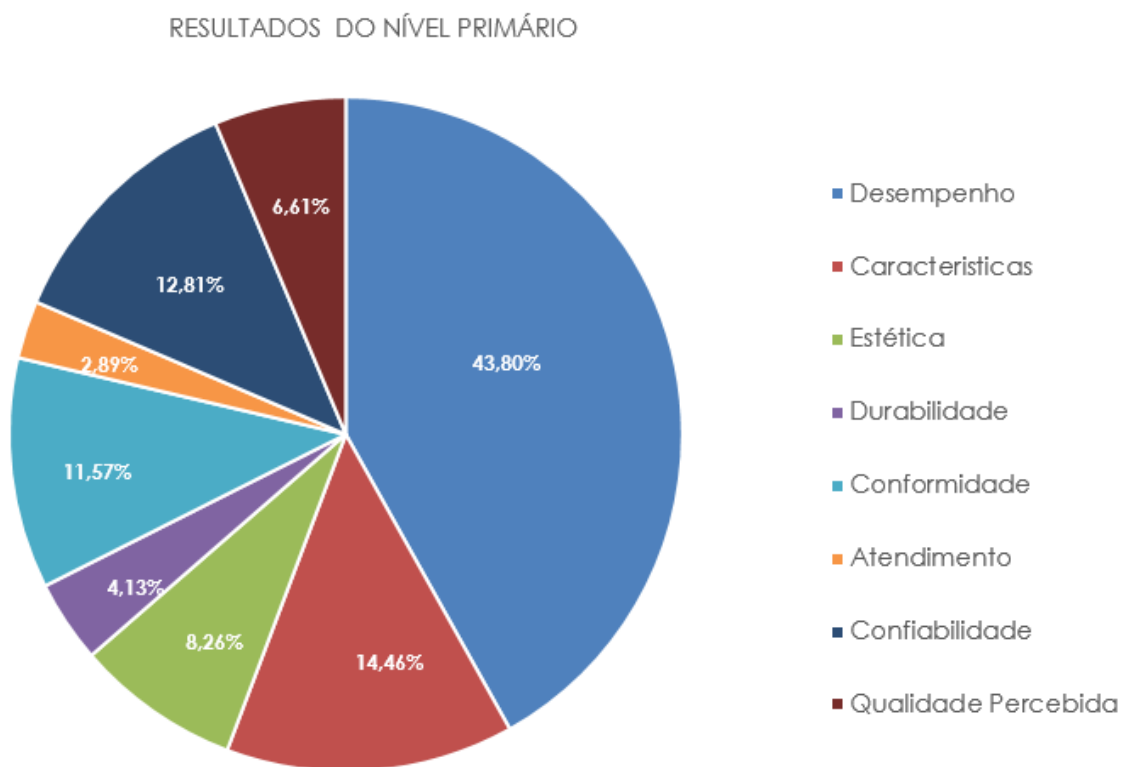


Gráfico 1 - Apresentação dos Resultados do Nível Primário



## RESULTADOS DO NÍVEL SECUNDÁRIO

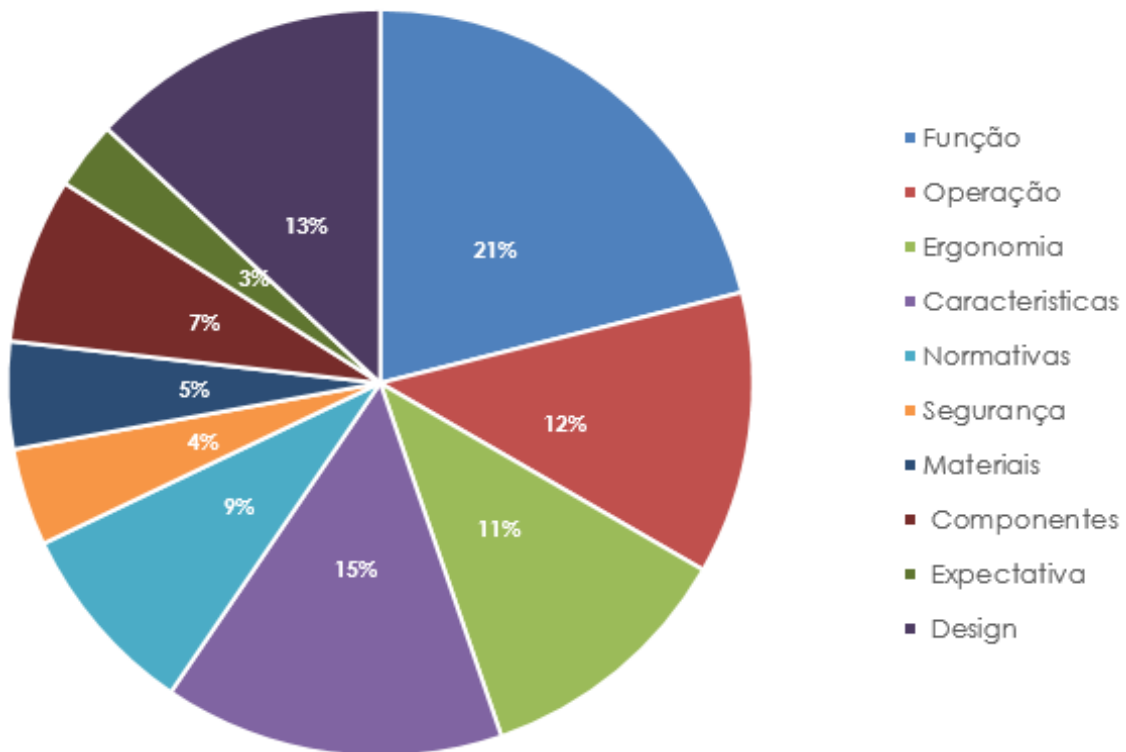


Gráfico 2 - Apresentação dos Resultados do Nível Secundário

### 3.3 ESPECIFICAÇÕES E MÉTRICAS DO PRODUTO

A aplicação das métricas é útil para compreender o grau em que o produto satisfaz as necessidades do cliente. A relação entre as necessidades e as métricas é fundamental para existir uma compreensão de todo o conceito de desenvolvimento de um novo produto. Na tabela 3, apresenta-se uma lista de métricas e respetivas unidades para cada necessidade, com especificações precisas e mensuráveis. [4]

Tabela 3 - Tabela de Especificações e Métricas do Produto

NECESSIDADES	MÉTRICAS	UNIDADES
Adequação do tanque de flotação	Geometria do Tanque	m3
Boa localização ajustada de injetores de águas e ar	Posicionamento (Altura e Largura)	mm
	Diâmetro	mm
Dimensionamento adequado	Caudal	m3/h
Desempenho Eficiente	Taxa de remoção de sólidos	mg/l
Permite remover uma taxa elevada de sólidos suspensos e gorduras	Sistema de Remoção	sim ou não
Permite um fluxo laminar estável	Velocidade de Ar	m/s
Permite um fluxo em todas as secções do sistema	Velocidade de Ar	m/s
	Pressão	N/m2
Acionamento e Arranque simples	Tempo de Acionamento	min.
	Tempo de Arranque	min.
Facilidade de visualização do processo de flotação	Dimensões antropométricas	mm
Estruturação dos componentes do equipamento	Área necessária para Componentes	mm x mm
Fácil de transportar	Peso	kg
	Sistema de Transporte	Binário
Permite ajustar o nivelamento do efluente	Altura do Nivelamento do Efluente	mm
Ajustável a vários pavimentos	Altura do Ajuste dos Pernos	mm
	Angulo dos Pernos	graus
Permitir ser implementado em técnicas de pré- tratamento químico	Materiais	Lista
Permite ser usado para diversos níveis de tratamento	Multifuncional	sim ou não
Cumpre as normas de fabrico e produção	Processos de Fabrico	sim ou não
	Processos de Produção	sim ou não
Cumpre as normas de segurança	Normas de Segurança	sim ou não
Implementação de medidas de prevenção	Medidas de Prevenção	sim ou não
Adequado a vários ambientes atmosféricos	Materiais	Lista
Permite escolha de material sob medida	Materiais	Lista
Componentes não sujeitos a vários ambientes atmosféricos	Proteções	Binário
Mantem performance ao longo do tempo	Tempo de vida útil	Anos
Construção Robusta	Geometria da Estrutura	sim ou não
Compactação	Dimensões (L x A x C)	mm x mm x mm
Comunica os atributos-chave através do design	Forma	sim ou não
	Cores	Lista
Intuitivo na utilização	Tempo de reparação	min.
	Tempo de manutenção	min.
Formas que interagem com o utilizador	Forma	sim ou não
Comunica a imagem da empresa	Cores	Lista
Otimização de acessos à substituição de componentes	Sistemas de Acessos	sim ou não
Identificação das ligações dos mecanismos do equipamento	Sistemas de Identificação	sim ou não

### 3.4 CASA DA QUALIDADE

A Casa da Qualidade, conhecida por **QFD** é uma ferramenta que consiste na construção de várias matrizes, como se pode visualizar na figura 28. A aplicação desta ferramenta foi essencial para perceber a influência e a importância das necessidades, quando se entreligam entre si. Permitiu uma consulta rápida, resumida e eficaz de todo o processo de recolha de informação até agora efetuado, incluindo a permissão de hierarquizar os requisitos de forma a auxiliar e orientar o projeto, possibilitando a avaliação e a priorização de requisitos e características técnicas. Relacionou-se os requisitos com os produtos da concorrência e permite identificar o tipo de correlações que existem entre as várias especificações.

“A importância do QFD está em tornar explícitas as relações entre necessidades dos clientes, características do produto e parâmetros do processo produtivo, permitindo a harmonização e ordenação das várias decisões tomadas durante o processo de desenvolvimento do produto.” [31]

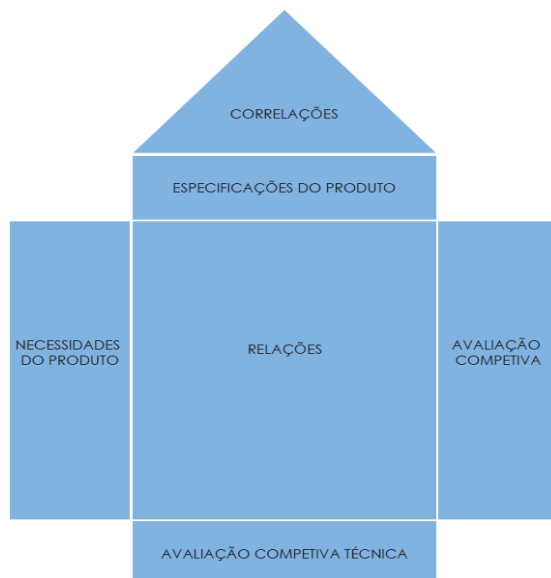


Figura 28 - Representação da Casa da Qualidade

A construção de várias matrizes segue uma ordem específica:

1ª Passo: transcreve-se a informação obtida anteriormente para a matriz de necessidades do cliente e especificações do produto.

2ª Passo: preencher-se a matriz de relações com o recurso de uma avaliação com a seguinte atribuição: 9 – Relação Forte; 3 – Relação Moderada; 1 – Relação Baixa.

3ª Passo: completa-se a matriz da análise da concorrência, com o objetivo de compreender a relação dos produtos da concorrência face às necessidades identificadas no projeto do *Flotador Industrial*. Esta matriz é preenchida com uma



avaliação com a seguinte atribuição: 0,5 – Baixa importância; 1 - Moderada importância; 1,5 - Alta importância; 2 - Excelente importância

4º Passo: preenche-se a matriz do quando com o objetivo de corresponder aos requisitos técnicos que são objetivados no valor numérico indicador à satisfação máxima do cliente.

5º Passo: preenche-se os campos da Importância técnica com o objetivo de priorizar a relação entre as necessidades do cliente e as especificações do produto.

6º Passo: realizar a avaliação técnica da concorrência

7º Passo: Preenche-se a matriz de correlações com o recurso a uma simbologia (devidamente legenda da na casa da qualidade desenvolvida, em anexo 2), obtendo um relacionamento das especificações do produto.

No anexo 2 encontra-se a Casa da Qualidade construída para o desenvolvimento do *Flotador Industrial*. Resumindo as conclusões obtidas através da implementação da casa da qualidade, pode-se perceber-se que na matriz de relações entre requisitos e métricas, existe uma avaliação da sua importância com uma média de 6, relativamente a todas as métricas. No entanto, destaca-se a métrica da geometria do tanque com um valor de 7.04, sendo esta métrica considerada a mais influenciada relativamente aos requisitos. Seguidamente a segunda métrica com mais influência é geometria da estrutura e a terceira as normas de segurança.

No desenvolvimento do novo flotador industrial deve-se ter em mente os dados obtidos através da construção da matriz de relação entre requisitos e métricas, de forma a todas as necessidades sejam alcançadas em prejudicar a implementação das métricas do produto. Na figura 29, apresenta-se uma imagem ilustrativa da relação entre requisitos e métricas retiradas da Tabela da casa da Qualidade.

REQUISITOS	MÉTRICAS		MODELO INNO	ID = Prioridade inicial	Geometria do Tanque	Posicionamento dos Injetores	Diâmetro dos Injetores	Caudal	Taxa de Remoção de Sólidos	Sistema de Remoção	Velocidade de Ar	Pressão	Tempo de Acomodação	Tempo de Arranque	Dimensões Antropométricas	Dados Técnicos	Peso	Sistema de Transporte	Sistema de Nivelamento	Sistema de Ajuste dos Pernos	Materiais	Multifuncional	Processos de Fabrico	Processos de Produção	Normas de Segurança	Medidas de Prevenção	Proteções	Tempo de Vida Útil	Geometria da Estrutura	Dimensões	Forma	Cores	Tempo de Reparação	Tempo de Manutenção	Sistemas de Acesso	Sistemas de Identificação		
Adequação do volume do tanque de flotação	O	27	9																																			
Bom localização dos injetores de água e ar	O	28	9	9																																		
Dimensionamento adequado	O	26	1	9																																		
Desempenho Eficiente	O	30	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9																										
Permite remover uma elevada taxa de sólidos suspensos e gorduras	O	31	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3																										
Permite um fluxo constante laminar estável em todas as seções do sistema	O	25	9	9	9	1	1	1	1	1	1	1																										
Permite um fluxo em todas as seções do sistema	O	24	9	9	9	1	1	1	1	1	1	1																										
Acionamento e Arranque simples	U	14											9	9	1																							
Facilidade de visualização do processo de flotação	U	6	1																																			
Estruturação dos componentes do equipamento	U	9	3										3	3	1	9	3	3																				
Fácil transporte	A	12																																				
Permite ajustar o nivelamento do efluente	A	20	3																																			
Ajustável a vários pavimentos	A	17																																				
Permitir ser implementado em técnicas de pré- tratamento químico	O	16																																				
Permite ser usado para diversos níveis de tratamento	U	15																																				
Cumprir as normas de fabrico e produção	U	21	1																																			
Cumprir as normas de segurança	U	23																																				
Implementação de medidas de prevenção	O	22																																				
Adequado a vários ambientes atmosféricos	O	18																																				
Permite escolha dos materiais sob medida	O	19	9																																			
Componentes não sujeitos a vários ambientes atmosféricos	U	8																																				
Mantem performance constante ao longo do tempo	A	5																																				
Construção Robusta	A	3	9																																			
Compactação	U	1	3																																			
Comunica os atributos-chave através do design	U	2	9																																			
Intuitivo na utilização	A	13																																				
Formas que interagem com o utilizador	A	11	9																																			
Comunica a imagem da empresa	A	10	9																																			
Otimização de acessos à substituição de componentes	A	4																																				
Identificação das ligações dos mecanismos do equipamento	A	7																																				
kg					7.04	6.47	6.38	6.45	6.6	6.68	6.56	6.33	6.51	6.45	6.56	6.53	6.31	6.41	6.3	6.68	6.35	6.42	6.42	6.89	6.45	6.33	6.36	6.9	6.08	6.35	6.17	6.44	6.44	6.44	6.47			

Figura 29 - Relações entre Requisitos e Métricas



Relativamente às correlações entre métricas da Casa da Qualidade, pode-se afirmar que a métrica da geometria do tanque também é a mais influenciadora com as restantes métricas, dando alguma importância às métricas: caudal, dimensões antropométricas, peso, materiais, processos de produção e geometria do tanque.

Outras métricas que também se destacaram devido à sua influência com as restantes foi a métrica dos dados técnicos, caudal e materiais. Na figura 30, apresenta-se uma imagem ilustrativa da correlação entre as métricas retiradas da Tabela da Casa da Qualidade. Seguidamente, também se apresenta os gráficos das 3 priorizações diferentes, resultantes da Casa da Qualidade.

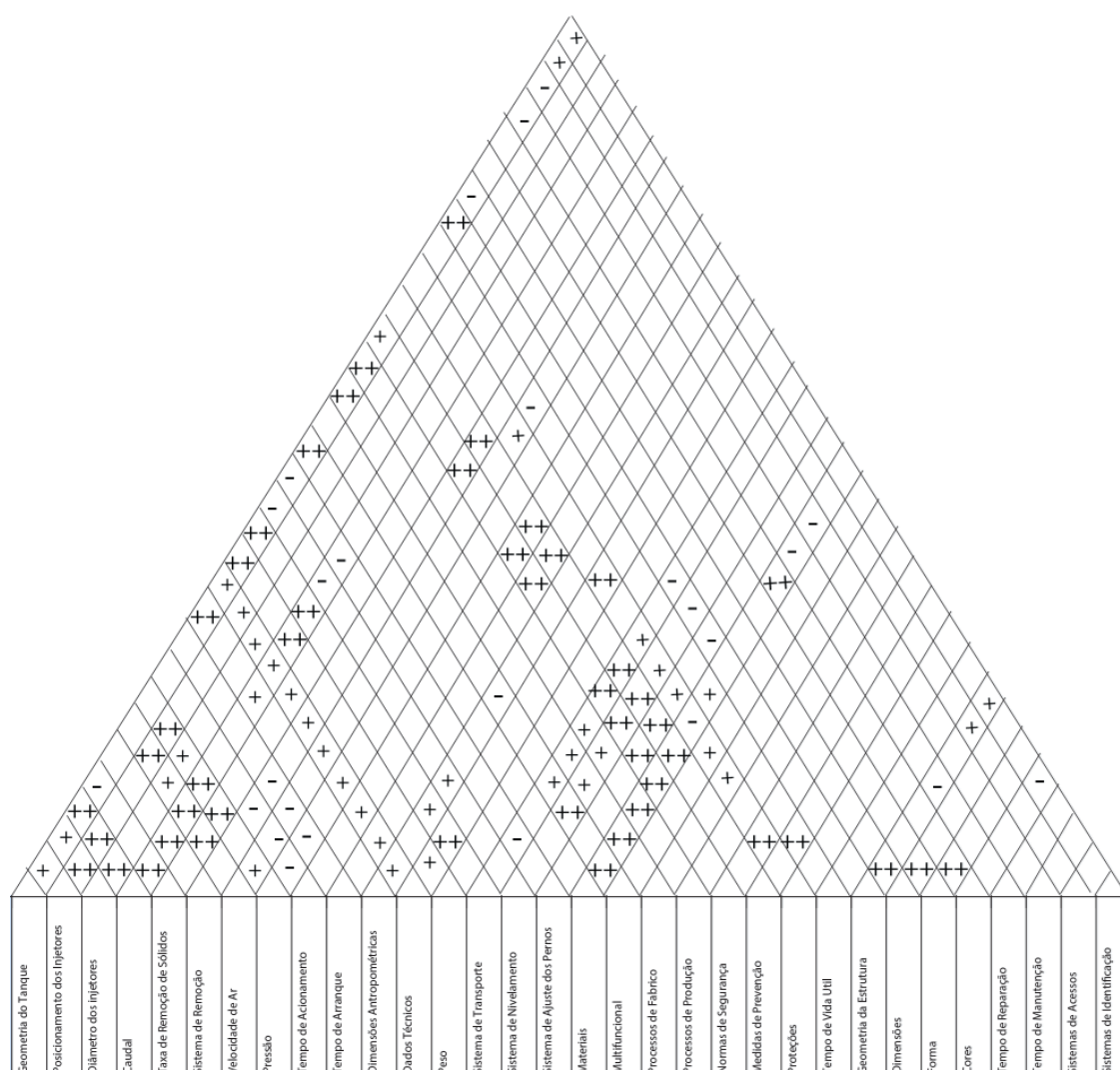


Figura 30 - Correlações entre Métricas



### 3.4.1 ÍNDICE DE PRIORIZAÇÃO INICIAL

O índice de priorização inicial (IPI) depende das atribuições refletidas no Modelo de Kano e da Árvore de Necessidades com Ponderações. Os resultados do índice de priorização inicial foram organizados num gráfico de Pareto (gráfico 3). Neste gráfico identificou-se a hierarquia das necessidades, considerando a sua influência no desenvolvimento do *flotador industrial*.

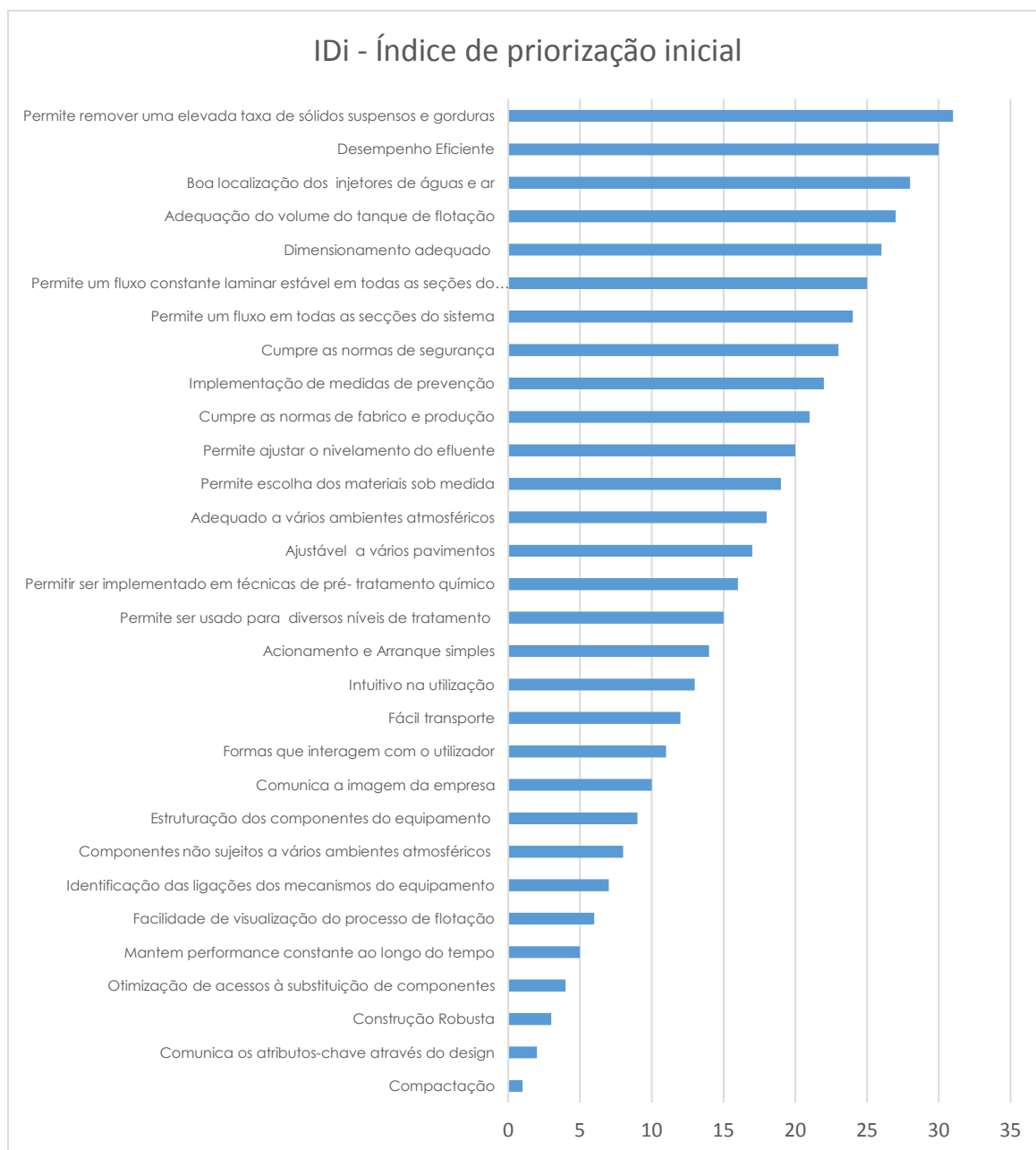


Gráfico 3- Índice de priorização inicial





### 3.4.2 ÍNDICE DE PRIORIZAÇÃO REVISTO

O índice de priorização revisto (IDi\*) estabelece uma hierarquia da importância das necessidades que se refletiram na priorização inicial, da matriz das relações, da análise de atributos da concorrência e da avaliação estratégica das necessidades.

No gráfico 4 é possível verificar que existiram algumas diferenças significativas na hierarquia das necessidades, passando as 4 necessidades mais importantes a ser:

- Permitem remover uma taxa elevada de sólidos suspensos e gorduras;
- Segurar o desempenho eficiente;
- Permitir um fluxo laminar estável;
- Permitir um fluxo em todas as seções do sistema.

Desta forma, pode afirmar-se que os resultados são diferentes mas as que as necessidades acabam por se refletirem indiretamente umas nas outras, ou seja, um fluxo laminar estável e um fluxo em todas as seções do sistema só é possível se existir uma adequação do tanque de flotação e uma boa localização dos injetores de água e ar. Na fase de desenvolvimento é necessário ter em consideração todas estas necessidades, no entanto não esquecendo a hierarquizados resultados obtidos durante este estudo.

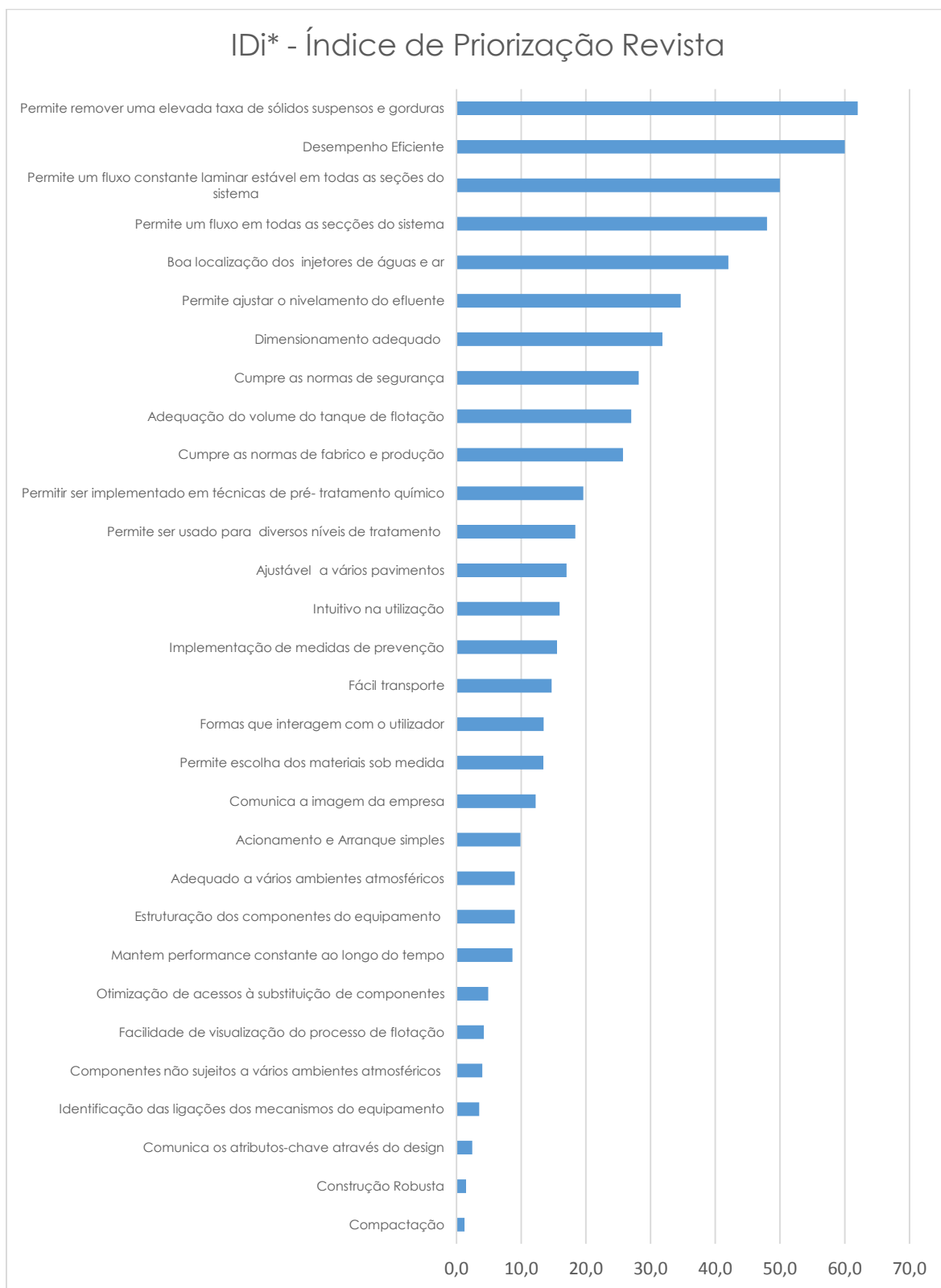


Gráfico 4 - índice de Priorização Revista



### 3.4.3 ÍNDICE DE PRIORIZAÇÃO DAS ESPECIFICAÇÕES

O índice de priorização das especificações traduz a importância das especificações do produto a desenvolver e a hierarquização da relevância das mesmas. No gráfico 5 apresenta-se a hierarquização mencionada, que foi obtida a partir da relação das especificações com as necessidades, provenientes das respostas da concorrência às especificações e da dificuldade de responder às especificações.

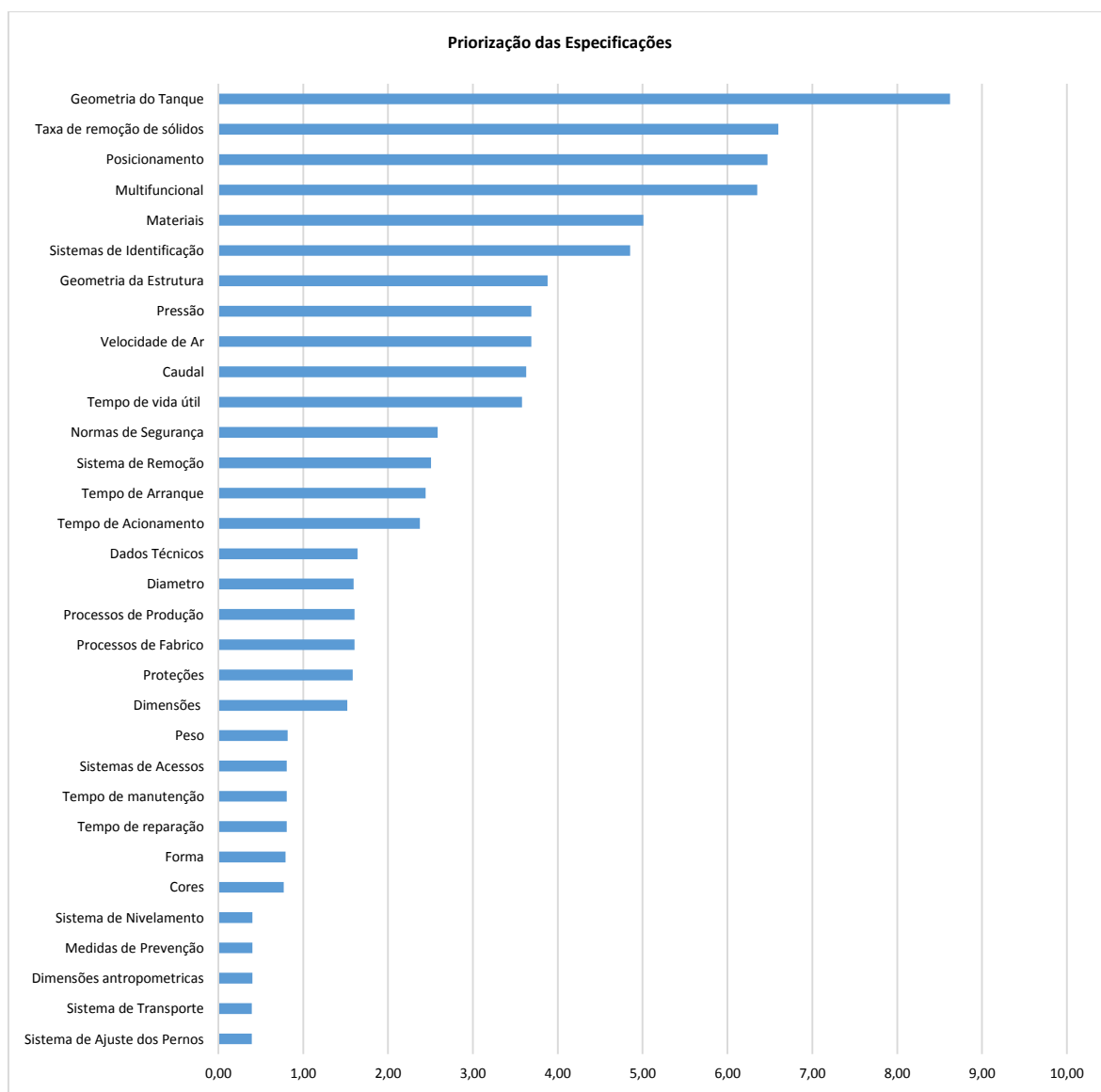


Gráfico 5 - Índice de Priorização das Especificações

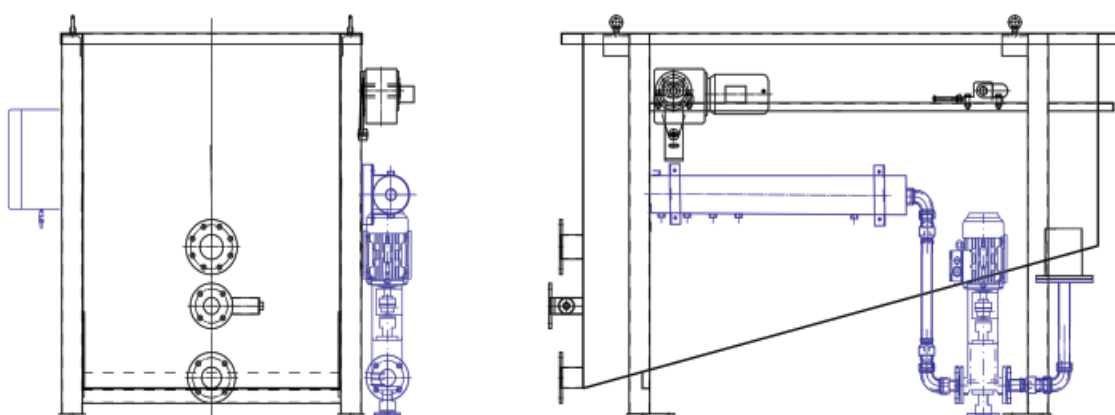
### 3.5 DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO

O trabalho desenvolvido até esta fase é fundamental para o desenvolvimento de conceitos, uma vez que a recolha de informação realizada um cruzamento de dados que conciliaram algumas características e necessidades num só produto, projetando a melhor solução para competir no mercado atual. Nesta fase, pretende-se propor um produto que proporcione uma relação entre utilizador, performance e design, com as melhores condições para a aplicação deste produto numa Estação de Tratamento Águas Residuais. Seguidamente, apresentam-se os desenvolvimentos do projeto, focado na investigação e nas necessidades abordadas nos tópicos anteriores.

#### 3.5.1 ESTRUTURAÇÃO DOS COMPONENTES TÉCNICOS

Numa fase inicial do desenvolvimento de conceitos, estruturou-se a composição e distribuição dos componentes técnicos a serem implementados no produto, recorrendo a dados descritivos fornecidos pela concorrência. Decidiu-se fazer uma estruturação dos componentes técnicos nesta fase porque este equipamento requiere que esteja disponível uma determinada área para a sua implementação.

Paralelamente, também se definiu a forma geométrica respeitando alguns requerimentos e algumas especificações funcionais de cada componente para a sua aplicação no processo de flotação. A razão que levou nesta fase do projeto a definir a composição e a distribuição dos componentes do produto, foi o auxílio para a geração de conceito, porque um dos requisitos desta dissertação é desenvolver um produto compacto cujos componentes se concentrem numa zona única, tendo em atenção a recolha de necessidades mencionada anteriormente.



*Figura 31 - Proposta 1 de Estruturação de Componentes*

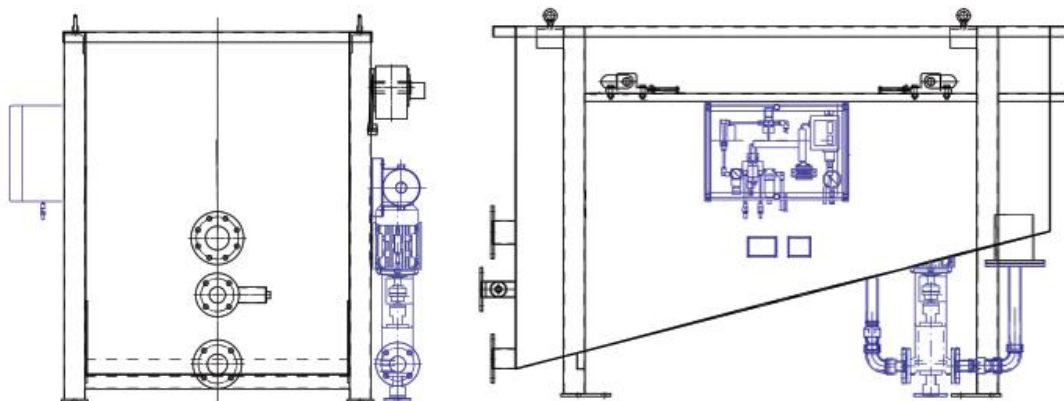


Figura 32 - Proposta 2 de Estruturação de Componentes

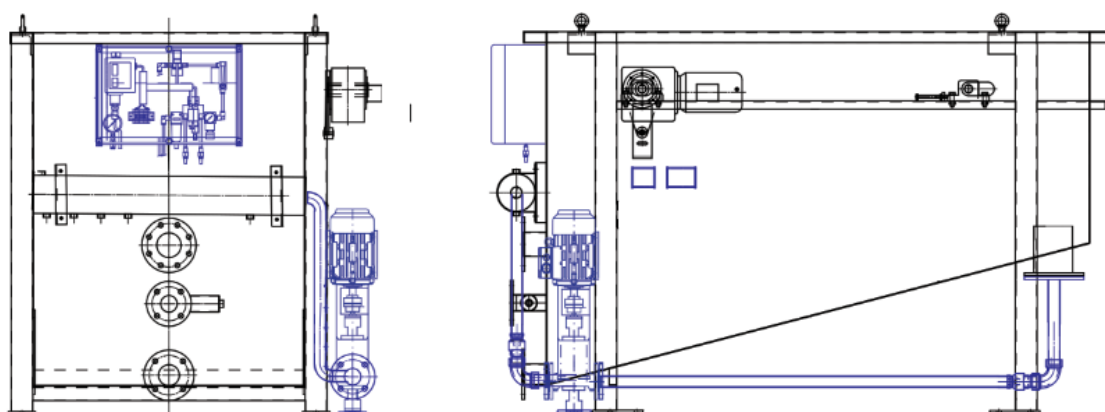


Figura 33 - Proposta 3 de Estruturação de Componentes

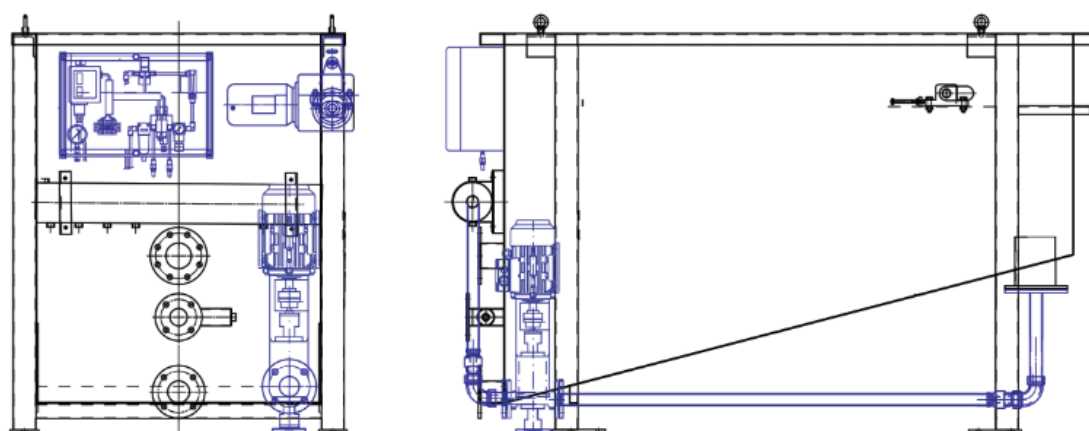


Figura 34 - Proposta 4 de Estruturação de Componentes



Após o desenvolvimento das propostas de estruturação dos componentes, a Adventech analisou cada uma delas, de modo a estabelecer um ponto de partida para a geração de conceitos. A seleção da proposta foi efetuada com base no conhecimento das necessidades existentes e na aplicabilidade da tecnologia, decorrentes da larga experiência da empresa neste mercado.

A estruturação dos componentes que se mostra mais favorável aos intuítos apresentados, estão presentes na proposta 4, apresentada na Figura 34. Esta proposta necessita uma área de 1.43 m<sup>2</sup> para a implementação dos componentes e é uma solução concentra-se no objetivo essencial pretendido que é a existência de uma relação entre utilizador, performance e design do *Flotador Industrial*. A seleção da proposta consiste na funcionalidade previstas no desenvolvimento do Flotador Industrial para este trabalho, tendo em conta redução de custos de operação, manutenção e reparação. A escolha desta proposta também teve em consideração a concentração dos componentes numa só área do produto, tendo em conta a ergonomia e antropometria inerentes. Os componentes selecionados para o desenvolvimento deste flotador industrial foram os seguintes:

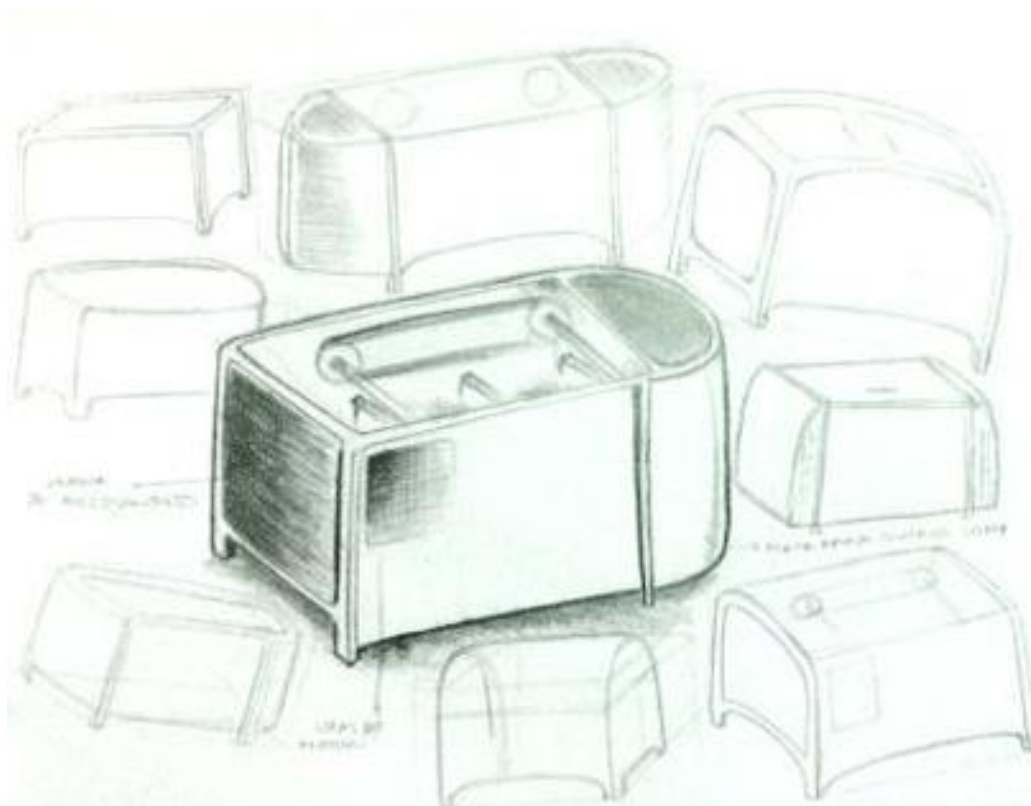
- Sistema de Arraste: este sistema é acionado com motoredutor com a adaptação de um sistema de transmissão para o eixo dos raspadores, composto por um sem-fim e um conjunto de coroas que vão estar ligadas ao motor.
- Circuito de Pressurização: este circuito consiste na adaptação e integração de uma coluna de pressurização, válvula de pressurização e bomba de recirculação. Este sistema de pressurização funciona como um "venturi", onde na coluna de pressurização a pressão aumenta e quando é injetado ar dentro do tanque cria bolhas devido ao fenómeno de descompressão.
- Sistema Pneumático: este sistema vai ser incorporado no quadro elétrico do equipamento, constituído por medidores de pressão, medidores de fluxo, filtro de ar, regulação de ar, manómetro de ar e electroválvulas.

### 3.5.2 GERAÇÃO DE CONCEITOS

A conceção de uma ideia para um novo produto deve ser fundamentada na investigação ou necessidades dos possíveis utilizadores, refletindo, paralelamente, com as várias sugestões da estrutura dos componentes técnicos desenvolvidos. Com base nas sugestões da estrutura dos componentes, efetuaram-se alguns esboços da forma, de modo a desenvolver ideias para um conceito que fosse viável para um flutuador industrial, tendo em conta a linha da empresa.

Durante o desenvolvimento conceptual foram surgindo muitas ideias que posteriormente foram trabalhadas para um resultado final. Na figura 35 apresentam-se alguns esboços na fase inicial e nas figuras 36 e 37 apresenta-se o esboço selecionado pela Adventech.

Como referido anteriormente, após a geração de vários conceitos, a empresa analisou cada um deles com rigor, para desenvolver um dos conceitos apresentados ou escolher um dos propostos caso correspondesse às expectativas. A seleção dos conceitos foi efetuada com base nos estudos realizados anteriormente, nos conhecimentos adquiridos e na larga experiência da empresa no mercado. Convém referir que a seleção de conceito foi efetuada internamente pela empresa segundo as suas expectativas e diretivas, pelo que não existiu nenhum recurso à metodologia teórica de seleção.



*Figura 35 - Alguns esboços desenvolvidos*

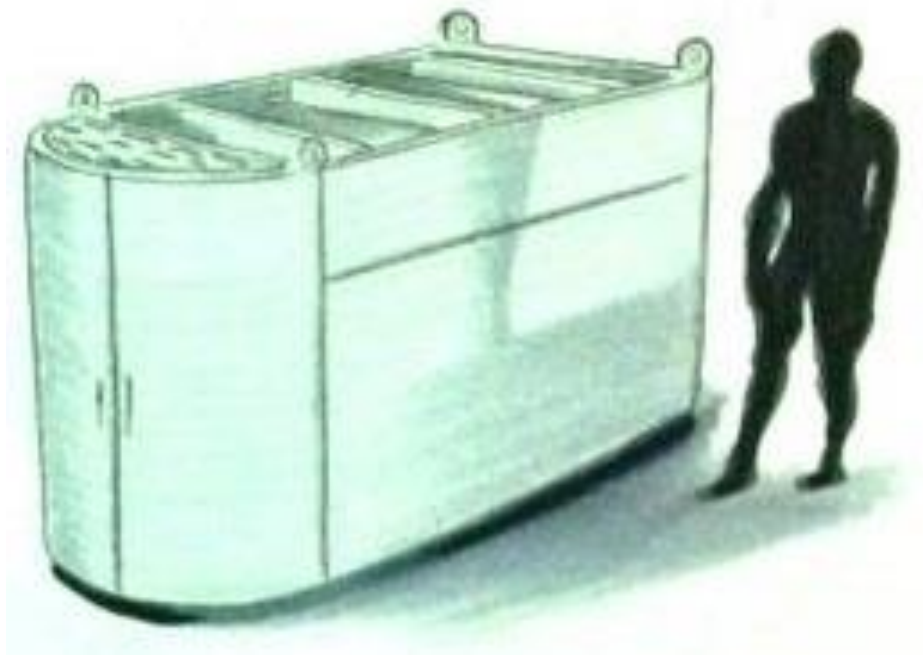


Figura 36 - Conceito Proposto



Figura 37 - Conceito Proposto



### 3.5.3 PROPOSTA FINAL DO CONCEITO

A proposta final encontra-se no centro dos objetivos definidos inicialmente neste projeto, resumindo no conceito a presença de uma relação entre utilizador, performance e design no *Flotador Industrial*. A proposta final é refletida na resolução de algumas dificuldades que pode causar uma forma inadequada as diversas implicações que pode causar, tais como acumulação de partículas sólidas, eficiência do processo de flotação e vida útil do produto.

A seleção e processamento de informação permitiu estabelecer qualidades formais e funcionais no produto, tendo em conta a interação com o utilizador. Deste modo criou-se uma dependência direta com a ergonomia e antropometria, para adequar o produto às suas necessidades.

O processo de flotação é realizado pela injeção de ar dissolvido, e o mecanismo estudado neste projeto tem de proporcionar qualidade e eficiência no desempenho do equipamento, durante a operação. Como referido, a seleção da estrutura dos componentes técnicos refletiu-se na concentração dos componentes numa área do produto.

Esta opção permitirá um fácil acesso para manutenção e reparação dos componentes, efetuado através de uma porta, proporcionando ainda que os componentes do produto não estejam sujeitos a vários ambientes atmosféricos, prolongando a sua vida útil. Foi adaptado um sistema de transmissão para o eixo dos raspadores, consistindo num sem-fim e um conjunto de coroas que vão estar ligadas ao motor.

O sistema de transmissão adaptado permitiu simplificar tanto a forma como a estética do produto. A forma escolhida para a proposta final consistiu numa solução que evita acumulações de partículas sólidas e que ao mesmo tempo faculta a existência de uma uniformidade de ar disperso ao longo do processo de flotação.

Todo o projeto desenvolvido retrata um produto com características simples, dando versatilidade de resposta a várias solicitações, permitindo a sua utilização em vários ambientes e situações de tratamento de efluentes nas Estações de Tratamento de Águas Residuais

No entanto, ainda é necessário analisar e rever alguns sistemas de encaixe, de ajustes, de funcionamento, bem como materiais e processos a serem aplicados neste produto, tendo em conta a relação custo/benefício.

### 3.5.4 MODELO FÍSICO DO CONCEITO FINAL

“Um modelo físico permite verificar, de uma forma mais fiel, se o design desenvolvido corresponde às expectativas dos consumidores finais e dessa forma avaliar se para o produto em causa existe mercado.” [32]

O modelo físico é um esboço em escala de redução, ou reprodução em tamanho reduzido de um projeto. A maquete desenvolvida para esta dissertação foi realizada à escala reduzida para verificar as formas obtidas, volume final do equipamento, aspetos construtivos, funcionalidade, estética, etc. Na figura 38 apresenta-se o modelo físico realizado à escala 1:10, materializado em balsa.



*Figura 38 - Maquete do Flotador Industrial*

Este modelo físico permitiu perceber a tridimensionalidade do produto as suas características geométricas. No entanto, analisando o modelo projetado detetou-se que as portas laterais do equipamento devem de ser otimizadas para um desempenho funcional do equipamento. Deste modo consegue-se detetar alguns aspetos menos negativos, ou seja pontos de melhoramento, como por exemplo as suas dimensões da porta lateral, e o tipo abertura. Estes dois fatores não se apresentam como a melhor opção a nível de antropometria e ergonomia. Com este modelo, percebeu-se que as laterais do equipamento deveriam ser totalmente desmontáveis para, caso necessário, se aceder à zona inferior do equipamento. Por esse motivo, decidiu-se que também não existia a necessidade de ter portas laterais porque a probabilidade de ter que aceder ao sistema de transmissão é mínimo. Caso exista essa necessidade é só desmontar a porta lateral que é afixada por parafusos.



## CAPÍTULO 4 | ESTUDOS DA SOLUÇÃO

### 4.1 DESENVOLVIMENTO DE ANÁLISE ESTRUTURAL

#### 4.1.1 INTRODUÇÃO DA ANÁLISE ESTRUTURAL

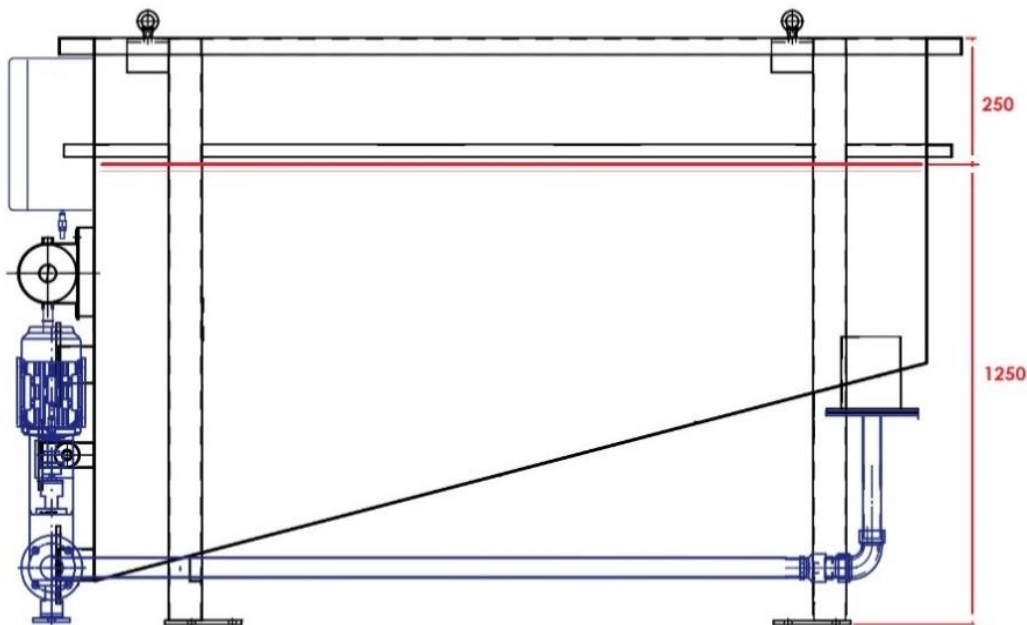


Figura 39 - Identificação do nível máximo

Nesta fase do trabalho pretende-se analisar os fatores que condicionam o dimensionamento do tanque de flotação de acordo com a densidade do efluente. Para tal, foi necessário determinar a pressão que vai decorrer dentro do tanque, sendo considerada uma pressão não uniforme, devido na zona superior do tanque existir uma pressão de 0, que aumenta decrescentemente.

Estando o volume determinado em repouso, o peso do efluente acima do nível indicado na figura 39, encontrará contrabalançado pela pressão interna do tanque. Considerando o volume do efluente, cujo volume tende para zero e a pressão atmosférica não pode ser desprezível, é necessário acrescentar o valor da sua pressão, que está expressão por:

$$P = p_a + p_g x$$

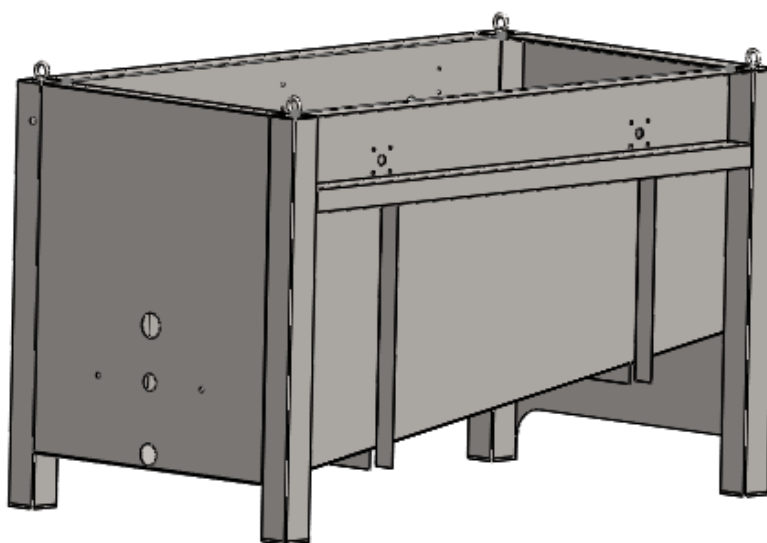
Em que P é pressão hidrostática, p é a densidade do efluente, g é a aceleração da gravidade e x é a altura do líquido.

A fórmula mencionada vai ser utilizada para fazer o estudo na fase seguinte, tendo em conta a variação de densidade do efluente. Segundo a informação obtida pela Adventech, pode existir uma variação de 100 kg/m<sup>3</sup> até 1500 kg/m<sup>3</sup>.

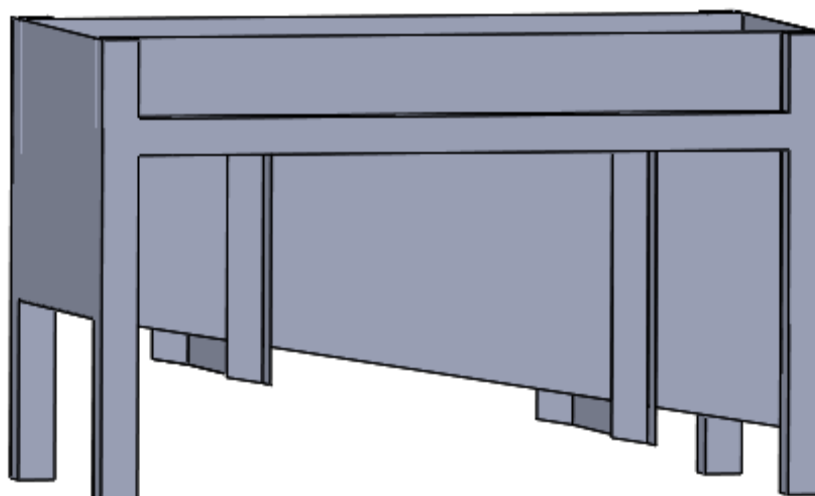


#### 4.1.2 SIMULAÇÃO DA ANÁLISE ESTRUTURAL

Depois de obter os dados necessários para a análise estrutural, adaptou-se o modelo para a simulação estática do Solidworks. Esta adaptação foi um trabalho realizado com o objetivo de introduzir diversas simplificações de forma, que consistiram na eliminação das furações do tanque, ajuste na base, dos raios estabelecidos, no perfil dos tubos e na montagem do tanque. A simplificação do tanque para a simulação foi efetuada para otimizar a geometria e a simulação, obtendo resultados mais rápidos. Na figura 40 e 41, estão representadas as diferenças do modelo proposto e da adaptação que foi efetuada para a simulação estrutural.



*Figura 40 - Estrutura do Modelo Proposto*



*Figura 41 - Estrutura do modelo simplificado para simulação*

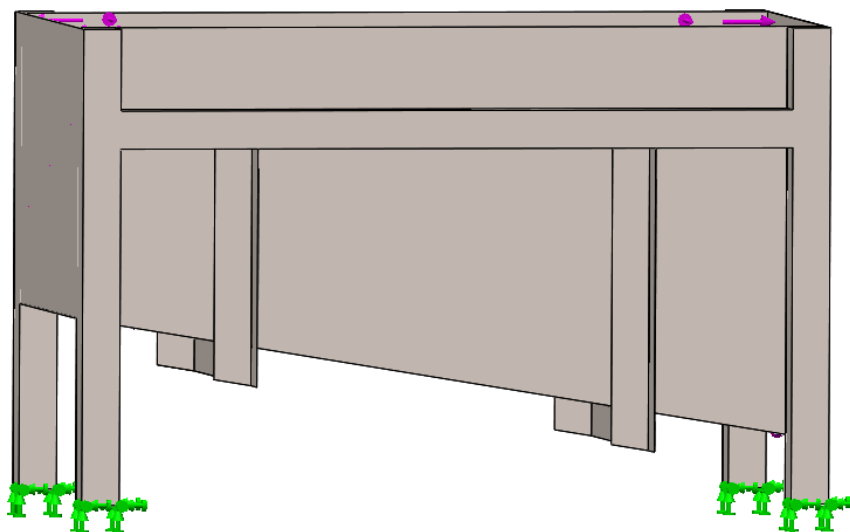
Na iniciação da simulação teve-se que realizar uma escolha e caracterização do material a ser aplicado no tanque de flotação. Esta definição permite obter resultados viáveis durante os estudos. O material escolhido foi o AISI 304, devido a poder ser soldado, permite uma maquinabilidade excelente e fácil de estampar e embutidura devido a sua elevada ductilidade. Este material é bastante resistente à corrosão da maior parte dos ácidos. Na tabela 4, apresenta-se as propriedades da material obtida pela base de dados predefinida do solidworks.

Tabela 4 - Propriedades do Aço Inoxidável 304

Propriedades do AISI 304		
Propriedade	Valor	Unidade
Modulo Elástico	1.9e+011	N/m2
Rácio de Poisson	0.29	N/A
Módulo de Distorção	7.5e+010	N/m2
Densidade de Massa	8000	Kg/m3
Resistência à Tração	517017000	N/m2
Força Compressiva	-	N/m2
Força de Rendimento	206807000	N/m2
Expasion Coeficiente Térmico	1.8e-005	/K
Condutividade Térmica	16	W/(m.K)
Calor Específico	500	J/(kg.k)
Razão de Amortecimento de Material	-	N/A

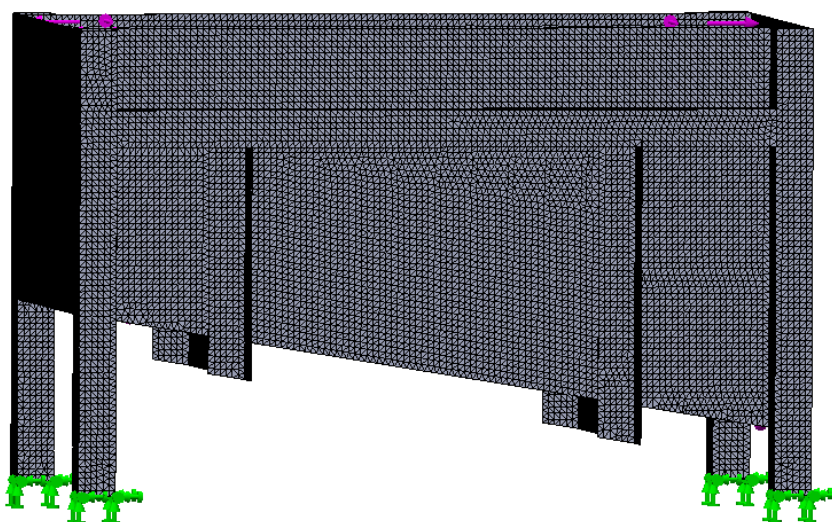
Nota: Informação retiradas das Propriedades do AISI definido no Solidworks

Com a simplificação do modelo, procedeu-se à definição de parâmetros no Solidworks, bem como o tipo de contacto, os pontos de fixação da estrutura e a carga aplicada. Na figura 42 apresenta-se um esquema das cargas (roxo) e dos pontos de afixação (verde).



*Figura 42 - Esquema das cargas e dos pontos de afixação*

Posteriormente, procedeu-se à obtenção da malha, requerida à análise estrutural, utilizando uma malha fina com uma refinação dimensional de 20mm, para assim, obter resultados mais precisos e uma apresentação com a melhor qualidade possível. Na figura 43, apresenta-se a malha que se obteve para esta simulação.



*Figura 43 - Definição da malha*

Desta forma, realizaram-se duas análises estruturais para um efluente com uma carga de densidade de 1 e 3 g/cm<sup>3</sup>, tendo obtido resultados para a deformação e para a tensão.

### 4.1.3 RESULTADOS DA ANÁLISE ESTRUTURAL

Na tabela 5, encontram-se os resultados das simulações da análise estrutural efetuadas para este trabalho. Foram ainda variadas as espessuras da chapa e o número de reforços aplicados, obtendo-se assim, um resultado adequado para a variação de densidade dos vários tipos de efluentes. A pressão atmosférica foi uma constante requerida pelo solidworks, devido ao mencionado no subcapítulo anterior.

Através da tabela 4, pode concluir-se que a tensão admissível para a estrutura era de 206,80 Mpa. Os dados da tensão e deformação máxima na tabela foram obtidos pelo solidworks e em anexo 3, apresentam-se os resultados ilustrativos com a escala dos resultados na zona lateral de cada conceção.

Na primeira conceção efetuada obteve-se uma tensão máxima inferior à tensão admissível, no entanto os resultados apresentam uma elevada deformação de 21,56mm, não sendo assim esta especificação a mais aconselhável para o tanque do flotor. Desta forma, adicionaram-se mais um reforços na zonas mais afetadas para perceber a sua influência.

Numa segunda conceção existiu uma redução aproximadamente de 5mm na deformação comparativamente à conceção anterior. Numa continuidade de estudar o tanque para ter a uma mínima deformação, realizou-se uma terceira conceção aumentou-se a espessura da chapa de 2mm para 4mm, de forma a perceber a influência e melhorar os resultados obtidos anteriormente.

Neste caso, obteve-se um estudo bastante viável com uma deformação mínima de 3,11mm e uma tensão máxima inferior à tensão admissível. Esta mínima deformação está concentrada na zona inferior do tanque, que pode ser melhorada através da aplicação de mais reforços. Antes de proceder a adição de mais reforços decidiu-se perceber qual era a influência caso o efluente tivesse uma densidade de 1500kg/m<sup>3</sup> (densidade máxima que o efluente pode conter).

Nesta quarta conceção obteve-se uma deformação de 4,67mm, na qual foi reforçado na conceção 5 para tentar minimizar essa deformação. No entanto, a diferença entre a conceção 4 e 5 foi mínima e existiu a necessidade de continuar com o estudo.

Na conceção 6 e 7, aplicou-se seis reforços nas zonas mais afetadas (zona inferior do tanque), obtendo resultados aproximadamente de 1mm de deformação. Podendo afirmar que podem ser duas possíveis soluções para aplicar no tanque de flotação, após de teste de validação do material.



Tabela 5 - Resultados da Análise Estrutural

	Espessura da Chapa (mm)	Material	Reforços (Unidades)	Pressão Atmosférica (Pa)	Densidade (kg/m3)	Gravidade (m/s2)	Pressão (N/m2)	Tensão Admissível (Mpa)	Tensão Máxima (Mpa)	Deformação Máxima (mm)
Conceção 1	2	AISI 304	2	1	1000	9,81	9811	206,8	134,3	21,56
Conceção 2	2	AISI 304	3	1	1000	9,81	9811	206,8	201,4	15,41
Conceção 3	4	AISI 304	3	1	1000	9,81	9811	206,8	74,48	3,11
Conceção 4	4	AISI 304	3	1	1500	9,81	14716	206,8	111,6	4,67
Conceção 5	4	AISI 304	5	1	1500	9,81	14716	206,8	116,3	4,09
Conceção 6	4	AISI 304	6	1	1500	9,81	14716	206,8	117,7	1,95
Conceção 7	4	AISI 304	6	1	1000	9,81	9811	206,8	78,74	1,31



## 4.2 DESENVOLVIMENTO DE ANÁLISE DE DINÂMICA DOS FLUIDOS COMPUTACIONAL (CFD)

### 4.2.1 INTRODUÇÃO DA ANÁLISE CFD

Nesta fase do trabalho pretendem-se analisar os fatores que podem influenciar as características funcionais no tanque de flotação do *flotador industrial*. No entanto, o funcionamento do flotador é complexo, envolvendo fenómenos de interação de fases e geração de bolhas de ar, que não podem ser validados experimentalmente e otimizados nesta fase. A validação experimental e otimização requerem um modelo tridimensional com recursos computacionais não disponíveis.

Desta forma, elaborou-se e estudou-se um modelo que permite realizar uma análise paramétrica, com o requerimento de parâmetros: diâmetros das tubagens e caudal de entrada do escoamento, bastante revelantes para o processo de flotação, das quais podem futuramente serem estudados e otimizados.

A análise CFD (Computational fluid dynamics) é uma forma que estuda problemas relacionados com fluxos de um fluido. Este tipo de análise estuda fenómenos na área da dinâmica de fluidos, utilizando métodos matemáticos. Esta análise foi efetuada recorrendo ao Software Ansys Workbench, que proporciona a utilização de várias ferramentas tais como: Design Modeler (para modelar o modelo com as dimensões e a definição da saídas e entradas do modelo pretendidas para a simulação) e CFX-Mesh (para gerar a malha para a simulação, incluindo a configuração do tamanho mínimo e máximo da malha). O Ansys Workbench também permite aceder no Fluent para definir os parâmetros da simulação e obter uma base de dados para consultar os resultados.

### 4.2.2 SIMULAÇÃO DA ANÁLISE CFD

No desenvolvimento da simulação foi considerado um modelo físico 2D para analisar a influência de parâmetros como diâmetro de entrada de ar, o caudal, as dimensões e o posicionamento do injetor, os perfis de velocidade e a turbulência.

A geometria desta análise foi recorrendo ao *Ansys Design Modeler*, onde o modelo foi desenvolvido, tendo em consideração as limitações de entrada de água e ar, incluindo as limitações dimensionais, assumindo uma simetria no modelo.

Na figura 44 e 45, representa-se uma imagem ilustrativa do modelo efetuado com representação da entrada/saída de ar e dimensões. Este modelo foi desenvolvido com base nas dimensões do flotador projetado no âmbito desta dissertação, sendo a altura máxima de injeção de ar de 357mm. O injetor do ar é em forma de T, com uma dimensão de 21,30, correspondendo à DN15. Na figura 46, apresenta-se uma imagem ilustrativa do pormenor do injetor de ar para uma melhor compreensão da sua forma.



Figura 44 - Modelo Desenvolvido e Definição de Entrada / Saída de ar

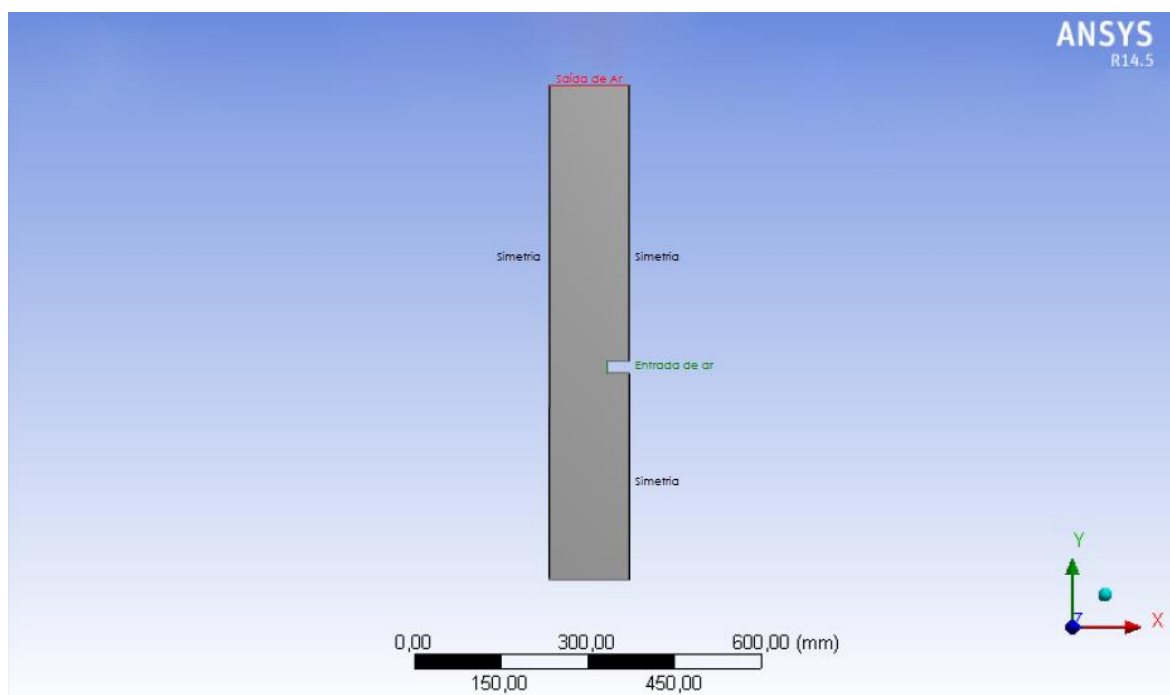
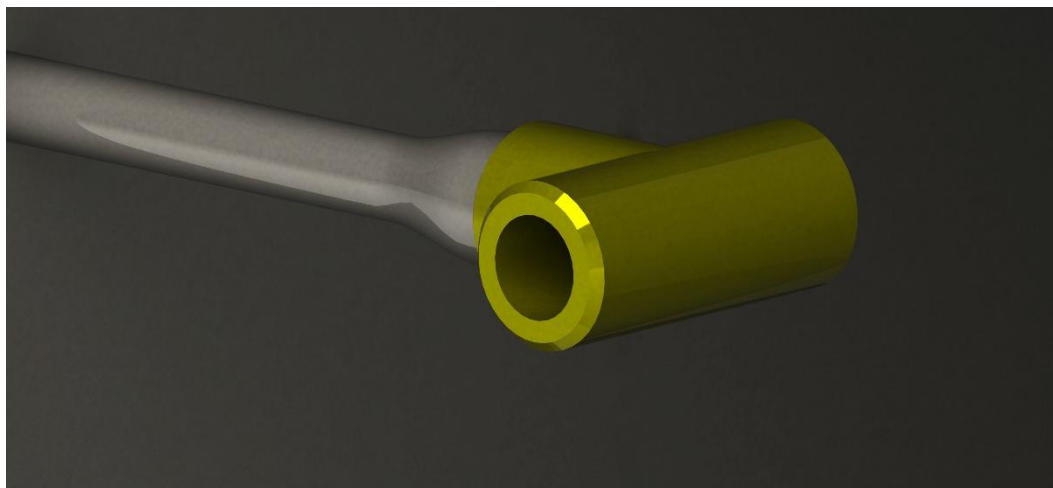
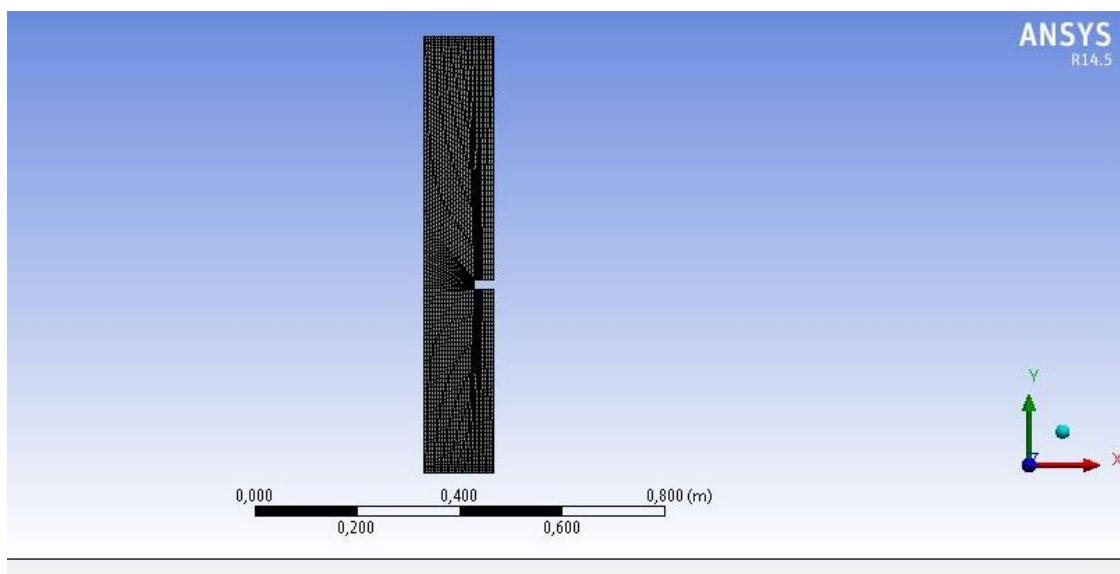


Figura 45 - Representação da Entrada/Saída de Ar



*Figura 46 - Pormenor do Injetor de Ar*

Seguidamente, procedeu-se à geração e tratamento da malha requerida às simulações, onde se considerou uma malha refinada nos locais com maiores gradientes de resultados. Esta definição da malha apresentou os melhores dados de convergência.



*Figura 47 - Representação da Malha*

De seguida, consideraram-se algumas condições para a simulação do modelo. A definição de parâmetros (*setup*) da solução, considerou um modelo transiente, para determinar os tempos de intervalos de definição do escoamento, pois existe um comportamento de mudança de fluxo. Normalmente, este tipo de simulações em modo transiente pode causar dificuldade de convergência, não sendo o caso dos estudos efetuados porque se obteve uma boa convergência.

Definiu-se um modelo de mistura multifásico, utilizando um modelo de turbulência de standard k- $\epsilon$ , tendo sido utilizado o *standard wall functions Fn*. Esta função do *standard wall functions Fn* é uma parede padrão definida que permite obter uma precisão e limitação, quando a condição de fluxo diferem muito as condições ideais.

Nos materiais, escolheu-se água e ar, definindo-se que a primeira fase era ar e a segunda fase era água. Quanto às condições de fronteira, na região de entrada definiu-se uma dada velocidade, um dado diâmetro de bolha, sendo estas as variáveis em estudo. A saída do ar foi definida como pressão de saída, com um valor de pressão estática igual a zero. Nas condições de contorno (*Cell Zone Conditions*) considerou-se um modelo com um comportamento de mistura.

Nas considerações finais manteve-se a predefinição do software, criou-se um monitor específico para obter o histórico de convergência no volume de massa (*massflow*) e assim, calcular a quantidade de ar que saía e, desta forma, perceber se a solução se encontrava numa situação próxima do steady state. Na Figura 48, apresenta-se o histórico de convergência do volume de massa (*massflow*).

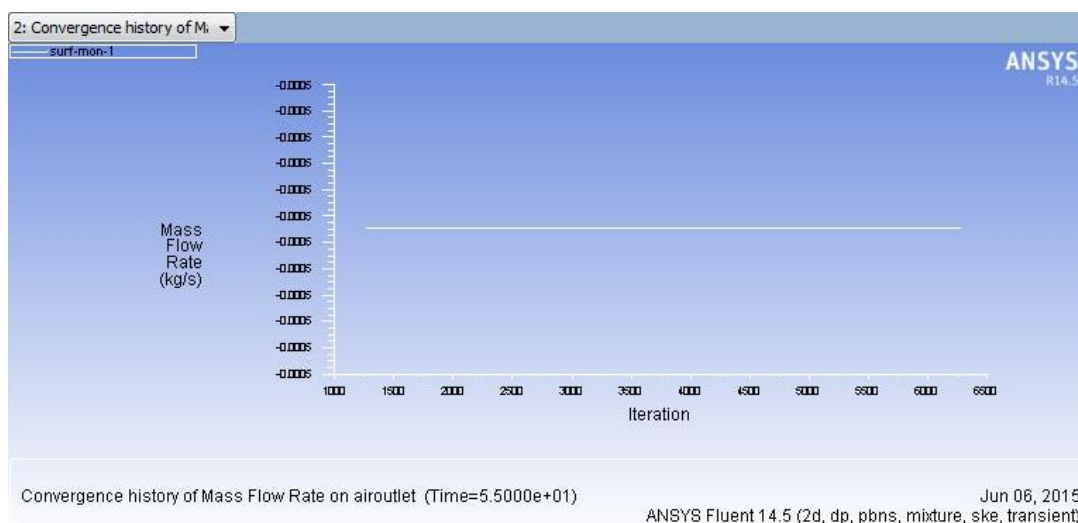


Figura 48 - Histórico de Convergência do Volume de Massa

O cálculo de execução foi efetuado, com o tempo do tamanho de cada passo (*Time Step Size*) de 0.01 e um número de tempo de cada interação (*Number of Time Steps*) de 5000. Esta definição de execução permitiu obter ótimos resultados, incluindo uma boa convergência nesse determinado tempo.

As opções do cálculo de execução foram baseadas nos estudos já existentes no portal de assistência do Fluent [33] e na obtenção de uma convergência e resultados ótimos. As definições mencionadas foram alteradas as variáveis da velocidade de entrada e diâmetro da bolha.

### 4.2.3 ANÁLISE DE RESULTADOS

Na tabela 6, encontram-se as variáveis aplicadas na Análise CFD e os resultados refletiram nessas mesmas variáveis, sendo a variação da velocidade de ar e o diâmetro da bolha de ar. Através da tabela 6, pode verificar os valores numéricos atribuídos e na figura 49, apresenta-se o conjunto de análises efetuadas que evidenciam a influência dos parâmetros variáveis. Na lateral da figura, encontra-se a escala aplicada em todas as análises, evidenciando assim a diferença das mesmas.

Tabela 6 - Variáveis da Análise CFD

VARIÁVEIS DE CADA CONCEÇÃO DA ANÁLISE CFD				
	Profundidade da Entrada de Ar (mm)	Velocidade de Ar (ms <sup>-1</sup> )	Diâmetro da Entrada de Ar (mm)	Diâmetro da Bolha de Ar (mm)
CONCEÇÃO 1	38,1	0,22	21,30	3
CONCEÇÃO 2	38,1	0,22	21,30	1
CONCEÇÃO 3	38,1	0,22	21,30	0,1
CONCEÇÃO 4	38,1	0,33	21,30	3
CONCEÇÃO 5	38,1	0,33	21,30	1
CONCEÇÃO 6	38,1	0,33	21,30	0,1

Na primeira conceção percebe-se que existe maior penetração de ar logo à entrada do injetor, a qual se vai reduzindo ao longo da altura do modelo. No entanto na segunda e terceira análises, com a mesma velocidade, mas com diâmetros de bolhas diferentes consegue-se obter resultados com uma velocidade constante, comparativamente à primeira análise.

Nas conceções 2 e 3 percebe-se que a variação de bolha de 1mm para 0.1 não tem nenhuma diferença nos resultados. No entanto, percebe-se que a velocidade de ar na zona inferior do modelo é inferior.



Desta forma, nas seguintes análise aumentou-se a velocidade, para perceber a sua influência, e tentar aumentar a velocidade na zona inferior do modelo, onde a variação do diâmetro da bolha apresenta uma ligeira diferença na distância que se conseguiu atingir, ou seja com o diâmetro da bolha de 0.1 mm consegue-se obter ligeiramente mais turbulência e uma maior dispersão.

Nas conceções 4, 5 e 6 com uma velocidade maior consegue-se aumentar a velocidade na zona inferior do modelo, onde a variação do diâmetro da bolha apresenta uma ligeira diferença na distância que se conseguiu atingir, ou seja com o diâmetro da bolha de 0.1 mm consegue-se obter ligeiramente mais turbulência e uma maior dispersão.

Desta forma, compreende - se que estas variáveis estudadas podem ter influência na otimização do processo de flotação e devem ser estudadas futuramente, para a validação da eficiência do processo.

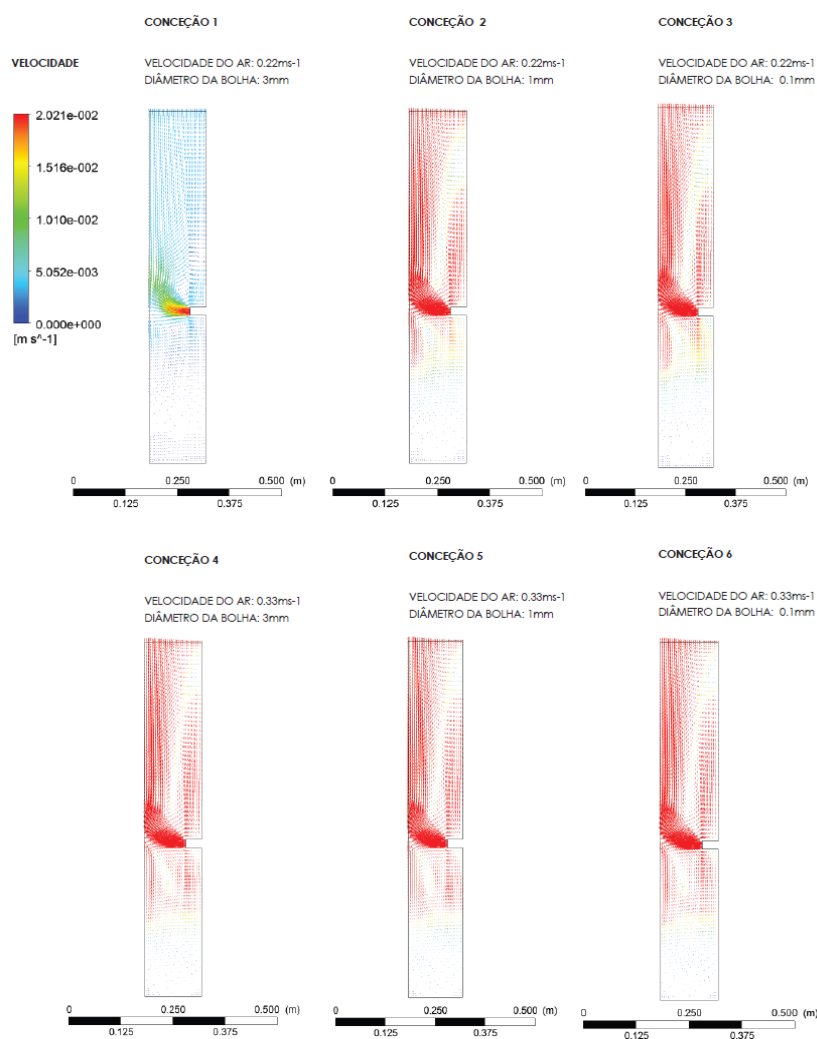


Figura 49 - Conjunto de Ilustrações dos Resultados da Análise CFD

## CAPÍTULO 5 | IMPLEMENTAÇÃO DA SOLUÇÃO

### 4.1 ARQUITETURA DO PRODUTO

A arquitetura do produto é descrita por uma metodologia podendo existir “um produto que é considerado funcional ou físico. Os elementos funcionais de um produto são as operações individuais e transformações que contribuem para o desempenho global do produto e geralmente descritos no esquema feito antes de eles serem reduzidos a tecnologias específicas, componentes ou princípios de trabalho físicos.” [4]

Desta forma, no início da implementação da solução, começou por realizar-se uma arquitetura do produto orientada para a funcionalidade, de modo a facilitar o conhecimento e compreensão das operações individuais, e também das transformações que fossem ser realizadas de modo a contribuir para o aumento do desempenho do *flotador industrial*. Na figura 50, encontra-se a arquitetura da unidade.

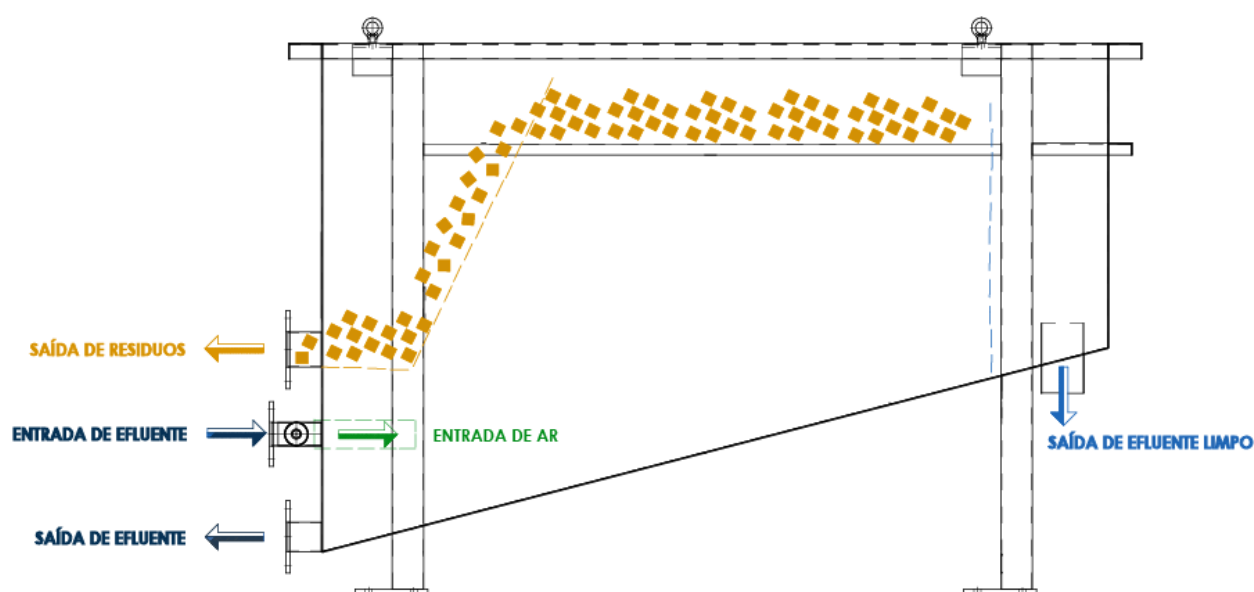


Figura 50 - Arquitetura do Flotador Industrial

## 5.2 DESENVOLVIMENTO DA MODELAÇÃO 3D

### 5.2.1 APRESENTAÇÃO DO MODELO



*Figura 51 - Modelo 3D do Flotador Industrial*

Como representado na Figura 51, o equipamento é constituído por um tanque retangular aberto, dividido em três compartimentos: compartimento do processo de flotação e arraste de partículas sólidas, compartimento de descarga das partículas sólidas e compartimento de descarga de água tratada. O princípio de funcionamento deste equipamento consiste na aplicação de um circuito de pressurização composto por uma coluna de pressurização, uma válvula de pressurização e uma eletrobomba vertical de Pressurização.

Por ação deste fenómeno, o ar introduzido no meio líquido é dissolvido e forma pequena bolhas por toda a secção de volume do líquido, realizando uma mistura que permite que as partículas sólidas sejam arrastadas e que fiquem suspensas à superfície do líquido devido à tensão superfície do efluente. A remoção das partículas sólidas retidas na superfície é realizada por arraste por acionamento por um motoredutor que permite realizar a descarga para o compartimento de saída das lamas.

O efluente limpo passa, então para o compartimento de descarga, onde está situado o sistema de nivelamento do efluente que serve para ajustar a altura do mesmo no tanque. A dimensão de partículas sólidas depende maioritariamente das características do efluente e das interações físico-químicas dos agentes químicos adicionados (pH, coagulante, floculante). Apesar do sistema de arraste não ser regulado, este pode ser ajustado de forma indireta por intermédio do nível de efluente no tanque.



Quanto mais alta a saída do efluente limpo, mais alto será o nível do efluente dentro do tanque do flotador.

O sistema pneumático está incorporado num quadro elétrico do equipamento, com medidores de pressão, medidores de fluxo, filtro de ar, regulação de ar, manómetro de ar e electroválvulas.

O modelo final do *Flotador Industrial*, designado por **ADFLOT**, apresenta uma relação entre utilizador, performance e design, revelando-se um equipamento adequado para o processo de flotação, com uma redução de custos de operação e manutenção.

O **ADFLOT** é um equipamento com características de interação com o utilizador, e todo o seu desenvolvimento foi projetado respeitando a Diretiva 2006/42/CE. Este equipamento funciona por ar dissolvido e os mecanismos proporcionam qualidade e eficiência no desempenho do equipamento, durante o processo de Flotação. O processo de flotação é efetuado através da injeção de bolhas de ar no líquido, sendo as partículas sólidas agregadas as bolhas de ar, resultando na suspensão à superfície do líquido. As s partículas sólidas são recolhidas, por arraste.

Este equipamento possui um sistema de transmissão para o eixo dos raspadores, consistindo num sem-fim e um conjunto de coroas ligadas ao motor, que permite simplificar a forma e a estética do produto. Os rapadores adaptados no sistema permitem uma elevada taxa de remoção de partículas sólidas para o compartimento de descarga.

No desenvolvimento do *Flotador Industrial*, também existia a necessidade do equipamento de operar a duas alturas diferentes, sendo uma altura de 1,5 metros, para um processo que faça descarga direta para o poço, e a outra altura de 3 metros para fazer uma descarga direta para o tanque de reação. Desta forma, o **ADFLOT** pode ser adaptado a esta variação de altura com a adaptação de uma bomba de rotor permitindo assim bombear o efluente diretamente para o tanque. Esta adaptação será requisitada pelo cliente como uma opção extra.

Trata-se de um produto com características simples, com versatilidade de respostas aos mais diversos requisitos operacionais, permitindo a sua utilização em vários ambientes e situações de tratamento de efluentes nas Estações de Tratamento de Águas Residuais. O design deste equipamento é baseado na continuidade da linha de produto da Adventech, transmitindo ao equipamento características de alta eficiência e robustez.



## 5.2.2 APRESENTAÇÃO DO DETALHE

### 5.2.2.1 Transporte do Equipamento

No desenvolvimento deste equipamento foram consideradas as indicações de transporte do equipamento determinadas pela Diretiva 2006/42/CE, de forma a eliminar danos no equipamento, incluindo nos componentes que o constituem.

Dependendo do tipo transporte ou condições, o equipamento deve ser afixado de forma a evitar eventuais acidentes ou risco que causem danos. O transporte deve ser realizado de acordo com os esforços tipo de transporte a que o equipamento vai ser sujeito, realizando as medidas de segurança em conformidade com as respetivas diretivas.

O *flotador industrial* foi desenvolvido com a inclusão uns olhais para facilitar, o transporte do equipamento. Assuas dimensões também são adequadas para facilitar o transporte em diferentes veículos, ou seja este equipamento pode ser transportado através de veículos urbanos de cargas (VUC).

O VUC tem dimensões máximas de 2.2 metros de altura e comprimento de 6.3 metros, com capacidade para transportar 3 toneladas. Este equipamento também pode ser transportado através de contentores marítimos a partir de 20 toneladas, porque estes correspondem às dimensões largura (5.89 metros), comprimento (2.34 metros), altura (2.33 metros).

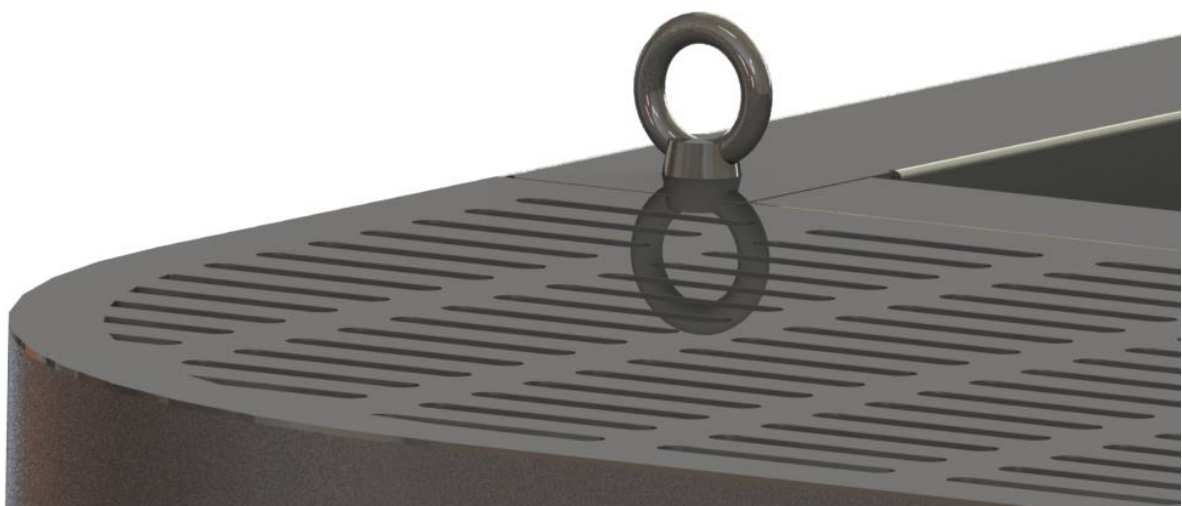


Figura 52 - Olhais para facilitar o transporte do Flotador Industrial

### 5.2.2.2 Medidas de Segurança no Equipamento

As medidas de prevenção e de segurança deste equipamento foram aplicadas recorrendo a medidas de proteção, de forma a eliminar os perigos e reduzir os riscos inerentes. O equipamento contém identificações de segurança que devem ser observadas:



*Figura 53 - Símbolos de Segurança*

As regras de segurança foram implementadas para eliminar e prevenir riscos de instabilidade para as pessoas, meio ambiente e para o próprio equipamento. Na figura 54, pode-se visualizar onde algumas das medidas de prevenção de segurança que foram implementadas.



*Figura 54 - Algumas medidas de prevenção de segurança implementadas*



#### 4.2.2.3 Nivelamento do Equipamento

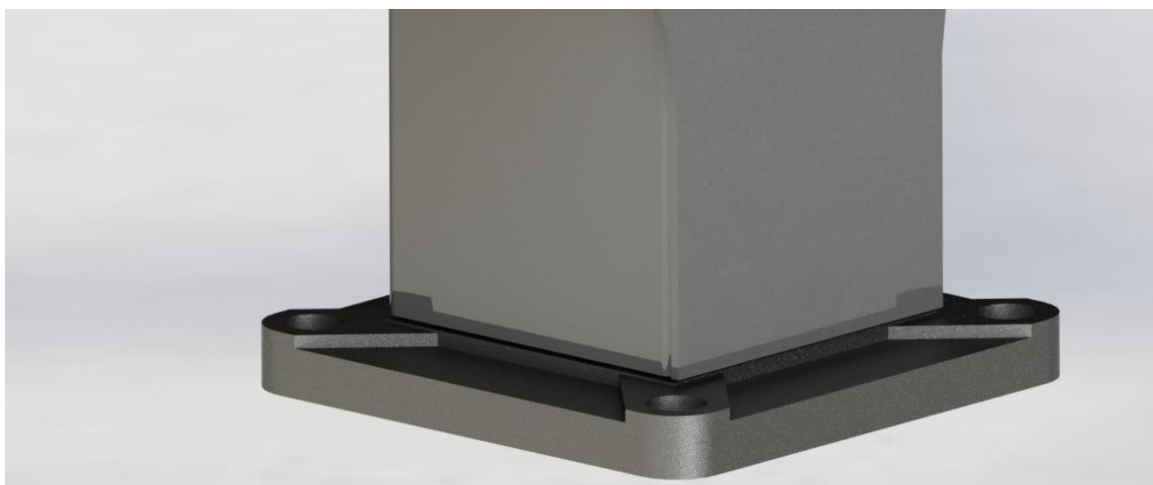


Figura 55 - Pé de Nivelamento do Flotador Industrial

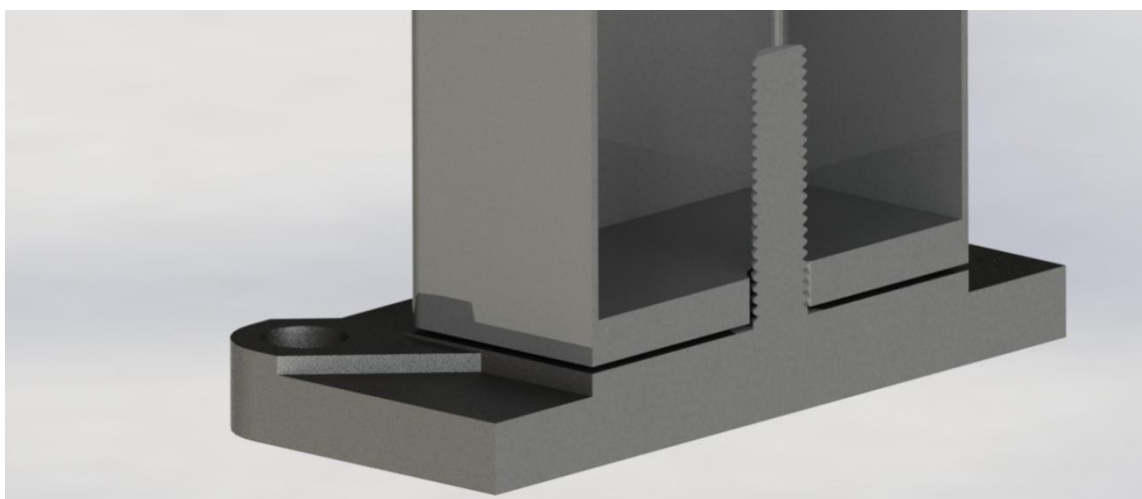
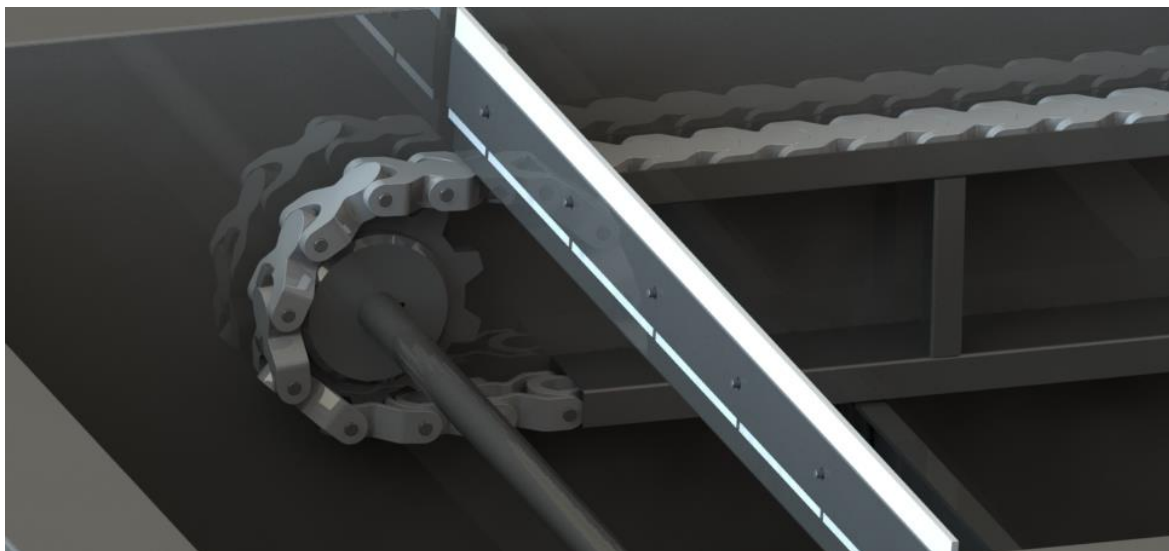


Figura 56 - Detalhe do Sistema de Nivelamento

O nivelamento do *Flotador Industrial* é assegurado por quatro pés niveladores colaboradores na base da estrutura do equipamento. Os pés niveladores podem ser ajustados conforme o pavimento onde o equipamento vai ser instalado, permitindo o ajuste para que o flotador seja implementado em pavimentos com ligeiros declives. O nivelamento é sustentado num parafuso, do tipo sem-fim soldado numa base e que permite uma inclinação de  $\pm 10^\circ$ , para assim compensar irregularidades no piso. Nas figuras 55 e 56, apresenta-se em pormenor este detalhe do equipamento. O design da base é adequada para o desempenho e tem uma furação para afixar ao pavimento em que vai ser inserido, caso necessário. O design desta base vai ao encontro da linha de produtos da Adventech e transmite ao equipamento uma robustez, como desejado nos objetivos iniciais mencionados.

#### 5.2.2.4 Sistema de Transmissão e arraste do Equipamento



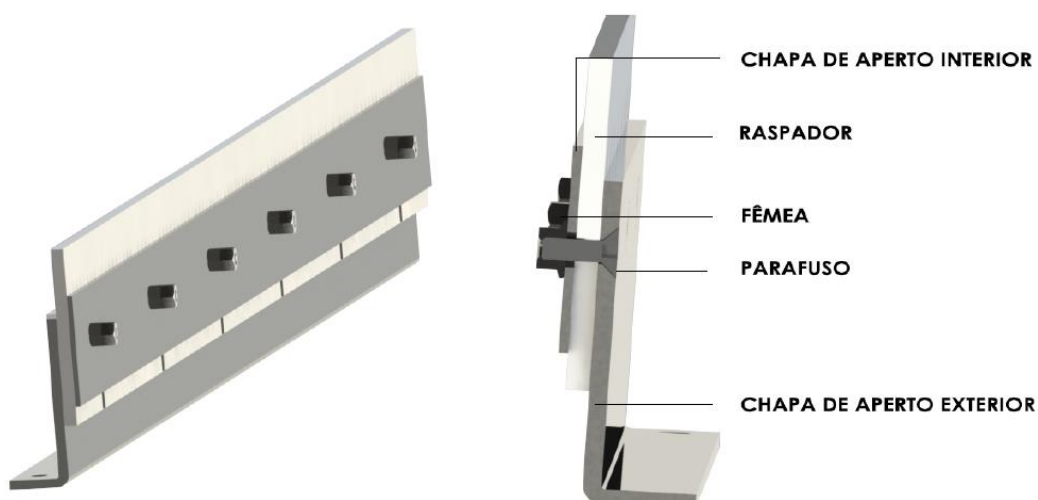
*Figura 57 - Sistema de Arraste do Flotador Industrial*

O sistema de arraste é composto por um conjunto de cinco raspadores, cada um deles constituído por duas chapas de aperto, seis parafusos, 6 fêmeas e um raspador. Este raspador possui rasgos que permitem o ajuste durante o tempo de vida do componente. (Figura 57)

Esta adaptação foi efetuada porque esta peça tem elevada probabilidade de sofrer desgaste ao longo do tempo, e assim pode-se garantir uma maior durabilidade sem prejudicar a remoção de sólidos. Na figura 58, encontra-se um desenho esquemático da montagem do raspador com a identificação dos pormenores mencionados, incluindo as dimensões pretendidas.

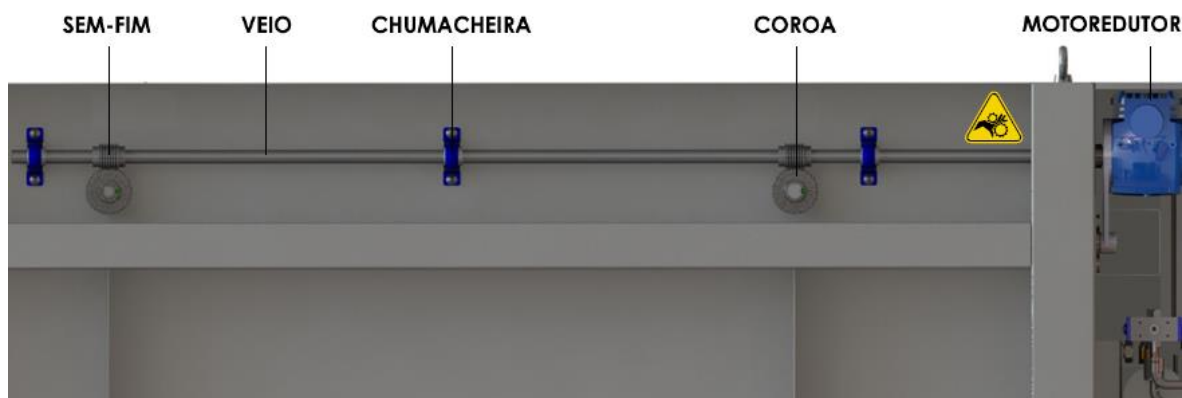
Os raspadores estão fixados à correia que se movimenta ao longo da parte superior do tanque de flotação, sendo esta corrente orientada por guiamento na lateral do equipamento. Este guiamento garante que a corrente não se deforma ao longo do tempo devido ao peso dos resíduos que se fixam quer nos raspadores quer na correia.

A corrente escolhida é tipo *press-fits*, que é constituído por um encaixe obtido de forma forçada, com os veios metálicos encapsulados numa peça plástica. Estes *press-fits* são adequados para fixar peças metálicas, como é o caso.



*Figura 58 - Desenho de Corte Esquemático do Raspador*

Na figura 59, apresenta-se o sistema de arraste do *Flotador Industrial* desenvolvido, que permite a remoção das partículas sólidas criadas na superfície do líquido. Este sistema é acionado através de um sistema de transmissão composto por um sem-fim, um conjunto de coroas e chumaceiras, sendo estes componentes são normalizados. O sistema de transmissão encontra-se posicionamento nas portas laterais do equipamento, pormenor que permitiu simplificar a forma e a estética do produto.



*Figura 59 - Sistema de Transmissão do Equipamento.*



#### 4.2.2.5 Sistema do Nível do Efluente do Equipamento



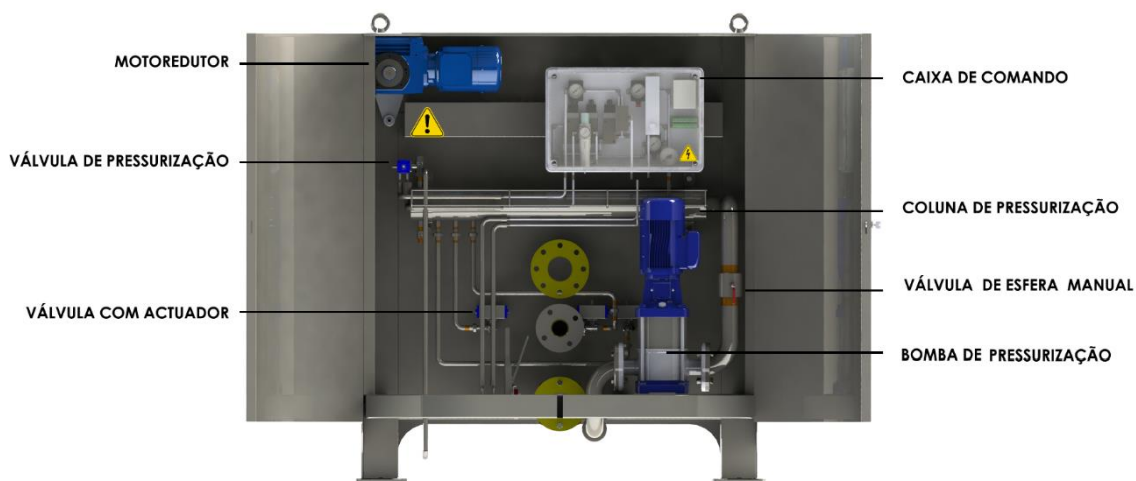
*Figura 60 - Sistema de Nivelamento do Efluente*

O sistema de nivelamento do efluente encontra-se localizado junto à saída do efluente tratado. Este nivelamento é facultado por um tubo roscado macho com outro tubo roscado fêmea. Este nivelamento serve para ajustar a altura do nível do efluente de forma indireta, ou seja, quanto mais alta a saída do efluente limpo, mais alto será o nível do efluente dentro do tanque do Flotador. Consequentemente os raspadores atingem uma maior profundidade permitindo arrastar uma maior quantidade de partículas sólidas. Na figura 60, apresenta-se o sistema do nível do efluente do equipamento numa vista de corte transversal. O tubo roscado Fêmea na transversal tem um veio destinado a auxiliar o utilizador a nivelar o efluente.

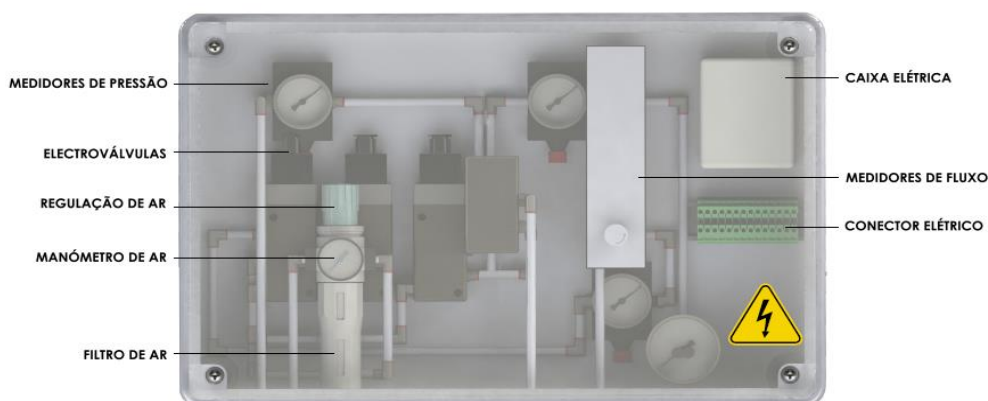
Normalmente este sistema de nivelamento é utilizado na fase de arranque do equipamento, por esse motivo optou-se por um sistema bastante simples e funcional, realçando que a construção do mesmo é económica para o meio industrial em que é implementado.

### 5.2.2.6 Zona dos Componentes do Equipamento

A zona dos componentes concentra-se numa única parte do equipamento. É constituída por duas portas de modo a facilitar o acesso para manutenção e reparação. Estas portas também são fechadas com uma fechadura de patilha pelas razões mencionadas anteriormente. Os componentes encontrados nessa zona do equipamento são uma coluna de pressurização, uma válvula de pressurização, uma bomba de pressurização, o sistema pneumático (incorporado no quadro elétrico do equipamento, com medidores de pressão, medidores de fluxo, filtro de ar, regulação de ar, manómetro de ar e electroválvulas) e as ligações de tubagens de ar e líquido. Na figura 61 e 62, apresenta-se a zona dos componentes do equipamento, com as respetivas identificações dos componentes.



*Figura 61 - Componentes Principais do Flotador Industrial*



*Figura 62 - Componentes Principais da Caixa de Comando*





### 5.2.3 COMPONENTES NORMALIZADOS

A utilização de componentes normalizados é economicamente vantajosa podendo os mesmos ser encontrados no mercado com maior rapidez. Com a implementação de componentes normalizados no *Flotador Industrial* é expectável uma redução de custos de produção, uma diminuição do tempo de fabrico e uma diminuição dos custos associados às tarefas de manutenção e reparação. Durante a fase de desenvolvimento do equipamento, foram efetuadas várias pesquisas para a seleção dos mesmos, com o intuito de: limitar a variedade de componentes, prevenir os obstáculos técnicos, assegurar a compatibilidade caso necessário mudar de fabricante; simplificar e economizar na matéria-prima, reduzir tempos de produção, reduzir desperdícios e melhorar a organização do processo de manutenção e reparação. Os componentes normalizados apresentam-se seguidamente.

#### 5.2.3.1 DADOS TÉCNICOS DOS RASPADORES

##### MECÂNISMO DE TRANSMISSÃO DO ACIONAMENTO

DIÂMETRO DO VEIO, mm.....25

##### SEM-FIM

MARCA.....APRIL

MODELO.....VIS-23

QUANTIDADE.....2

##### COROA

MARCA.....APRIL

MODELO.....COR2/40

QUANTIDADE.....2

##### CHUMACEIRA

MARCA.....SKF

MODELO.....FY30FM

QUANTIDADE.....2

##### CHUMACEIRA

MARCA.....SKF



MODELO.....P25TF

QUANTIDADE.....2

### **MECÂNISMO DE ACIONAMENTO DOS RASPADORES**

TIPO.....MOTO-REDUTOR

MARCA.....NORD

MODELO.....SK 12063 AZD -71S

Nº DE UNIDADES.....1

ROTAÇÕES DE ENTRADA/SAIDA.....1380/3 1/MIN

TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO.....230/400 V, 50Hz

VEIO DE SAIDA.....D35 H7

PESO APROXIMADO, Kg.....25

CLASSE DE ISOLAMENTO.....F

GRAU DE PROTEÇÃO.....IP55

TIPO DE PINTURA.....RAL 5010 (AZUL)

LUBRIFICANTE.....ÓLEO SINTÉTICO ISSO VG 680

### **5.2.3.2 DADOS TÉCNICOS DA PURGA DE FUNDO**

#### **VÁLVULA**

MARCA.....VALCONTROL

TIPO....."WAFFER" COM ATUADOR

DIMENSÃO, mm.....76.1 (DN65)

Nº DE UNIDADES .....1

PESO, kg.....4.5

#### **ATUADOR**

MARCA.....VALCONTROL

### **5.2.3.3 DADOS TÉCNICOS DO CIRCUITO DE PRESSURIZAÇÃO**

#### **ELECTROBOMBA VERTICAL DE PRESSURIZAÇÃO**



TIPO.....CENTRIFUGA  
MARCA.....LOWARA  
MODELO.....15 SV - SÉRIE  
Nº DE UNIDADES.....1  
CAPACIDADE, m<sup>3</sup>/h.....15  
POTÊNCIA, Kw.....7.5  
ASPIRAÇÃO/COMPRESSÃO.....FLANGE DN50  
TENSÃO DE ALIMENTAÇÃO.....230/400 V, 50Hz  
PESO APROXIMADO, kg.....101  
CLASSE DE ISOLAMENTO.....F  
GRAU DE PROTEÇÃO.....IP55  
TIPO DE PINTURA.....RAL 5010 (AZUL)

#### 5.2.3.4 DADOS TÉCNICOS DOS COMPONENTES PNEUMÁTICOS

##### **MEDIDOR DE PRESSÃO**

MODELO.....Série MSG10  
Nº DE UNIDADES.....1  
PROTEÇÃO.....IP67  
LIGAÇÃO.....1/4" GAS M

##### **MEDIDOR DE FLUXO**

MODELO.....SMC  
Nº DE UNIDADES.....1  
MODELO.....PFM 710  
CATEGORIA, NL/min.....0.2 - 10

##### **CONJUNTO FR (filtro + redutor compacto)**

MARCA.....WILKERSON



MODELO.....B18-C3-FKG0  
Nº DE UNIDADES.....1  
LIGAÇÃO.....3.8" BSP  
CAUDAL, dm<sup>3</sup>/s.....55

#### **REGULADOR DE AR**

MARCA..... WILKERSON  
MODELO.....R18-C4-F000  
Nº DE UNIDADES.....4  
CATEGORIA, bar .....0 – 10

#### **ELECTROVALVULAS**

MARCA..... PARKER  
Nº DE UNIDADES.....3  
TIPO.....5/2

#### **5.2.3.5 OUTROS DADOS TÉCNICOS**

SUPORTES.....AISI 304  
TUBAGENS.....AISI 304, ISO 1127  
CAIXA DE CONTROLO..... THALASSA PLS, NSYPLS3654



### 5.3 DADOS TÉCNICOS DO FLOTADOR

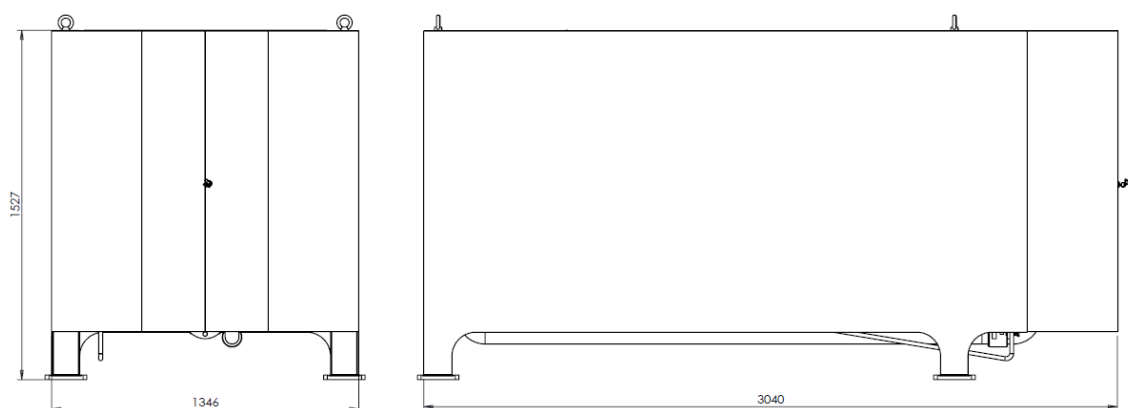


Figura 63 - Dimensões Gerais do Flotador Industrial

Nesta fase do projeto, realizaram-se os desenhos técnicos do equipamento, no entanto, não serão anexados a esta dissertação por questões de confidencialidade. Desta forma é possível apresentar as dimensões gerais do *Flotador Industrial*, como se encontra (figura 63). Este equipamento tem os seguintes dados gerais:

#### DADOS GERAIS

CAPACIDADE MÉDIA, m<sup>3</sup>/h.....3

#### DIMENSÕES GERAIS

ALTURA, mm.....1525

LARGURA, mm.....1345

COMPRIMENTO, mm.....3042

#### DIÂMETRO DAS TUBAGENS

ENTRADA DE EFLUENTE, mm.....60.3 (DN80)

SAÍDA DE EFLUENTE, mm.....114.3 (DN100)

SAÍDA DAS LAMAS, mm.....88.9 (DN80)

PURGA DO FUNDO, mm.....76.1 (DN65)

RECIRCULAÇÃO, mm.....60.3 (DN80)

## 5.4 MATERIAIS E PROCESSOS DE FABRICO

No desenvolvimento deste equipamento considerou-se o Design para Manufatura, conhecido por DFM. [34] Nesta metodologia, “o processo de design proactivo que visa: otimizar todos os aspetos de manufatura (fabrico, montagem, teste, aquisição, transporte, entrega, serviço e manutenção); e Assegurar baixo custo, qualidade, fiabilidade, conformidade regulamentar, segurança, tempo de produção e satisfação de cliente.” [35]

A utilização da metodologia do DFM no desenvolvimento do flutador Industrial permitiu otimizar características físicas de fabrico essenciais para a produção do equipamento, reduzindo custos de produção. Desta forma, simplificou-se o processo de fabrico, tentando minimizar o número de peças, fornecer a utilização de componentes standard e otimizado, a seleção de materiais e o número de processos de fabrico. O desenho de todas as peças foi efetuado respeitando os “guidelines” do Design para a Excelência (DFX).

Na fase de seleção de materiais, teve-se em conta os materiais já utilizados nos produtos do mercado atual. Os materiais mais utilizados nos *Flutadores Industriais* são a fibra de vidro e o Aço Inoxidável (ligas 304 e 316).

Normalmente os *flutadores industriais* de fibra de vidro são utilizados para a aplicação de processos químicos e os de aço inoxidável nos processos biológicos. Como a Adventech acredita na viabilidade e na importância da escolha de material sob medida, definiu-se que este material será fornecido sob medida, ou seja quando requisitado um flutador industrial de fibra de vidro procede-se a um revestimento, para desta forma se poder fornecer soluções para uma gama alargada de solicitações.

Relativamente ao processo de fabrico deste equipamento, durante a seleção dos materiais, mencionou-se bastantes vezes o facto do Aço Inoxidável ir requerer soldadura, sendo uma desvantagem a nível do design porque prejudicava a estética do produto. No entanto, a Adventech trabalha bastante com Aço Inoxidável e a sua subcontratação para fabricar os seus produtos permite a obtenção de um trabalho excelente nos acabamentos finais das suas peças.

Na figura 64 e 65, apresenta-se um separador gás/ líquido desenvolvido pela Adventech, onde se pode verificar a qualidade da soldadura e dos acabamentos finais. Para além de processos de soldadura, o fabrico deste equipamento vai também recorrer a processos de corte a laser, quinagem e aos acabamentos de lixamento.

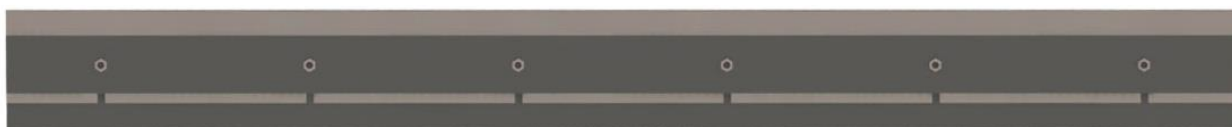


*Figura 64 - Separador da Adventech*



*Figura 65 - Soldadura e acabamento final do Separador*

No conceção deste produto foram projetados cinco raspadores, onde cada um corresponde a um sistema que dispense a recuperação ou ajuste da lâmina. Esta lâmina deve ter uma rápida e fácil substituição, ser adequada para qualquer tipo de velocidade e tipo de material, tendo em conta a relação entre custo/benefício. Por estes motivos foi efetuado um estudo mais aprofundado para selecionar o material mais adequado.



*Figura 66 - Pá do Sistema de Arraste do Flotador Industrial*

Efetuada uma análise ao mercado e com a experiência de colaboradores da área de tratamento de águas residuais, conclui-se que as características gerais que o material deste tipo de raspadores deve ter, são baixa porosidade, elevada flexibilidade, resistência ao desgaste e resistência à tração e à torção. Estas características são bastante importantes na performance dos raspadores, porque estes devem ser componentes muito robustos com uma eficiência de separação de partículas sólidas de 90 a 98%. Para uma análise mais detalhada dos materiais adequados para as lâminas dos raspadores, decidiu-se recorrer a uma pesquisa no software CES EduPack. Este é um programa que permite uma interação com as propriedades e informação de materiais, possibilitando obter informações adicionais relevantes.

A primeira análise efetuada na seleção de materiais foi para perceber as diferentes famílias de materiais disponíveis para trabalhar, tendo como preferência a família dos elastómeros, termoplásticos e termoendurecíveis. Esta preferência foi uma premissa aplicada ao projeto quando se realizou uma análise da concorrência em produtos semelhantes.

No gráfico 6 apresenta-se a relação entre densidade e preço das três famílias mencionadas. Observando-se o gráfico consegue-se perceber se a relação intermédia entre densidade e preço está na zona dos polímeros. [36]

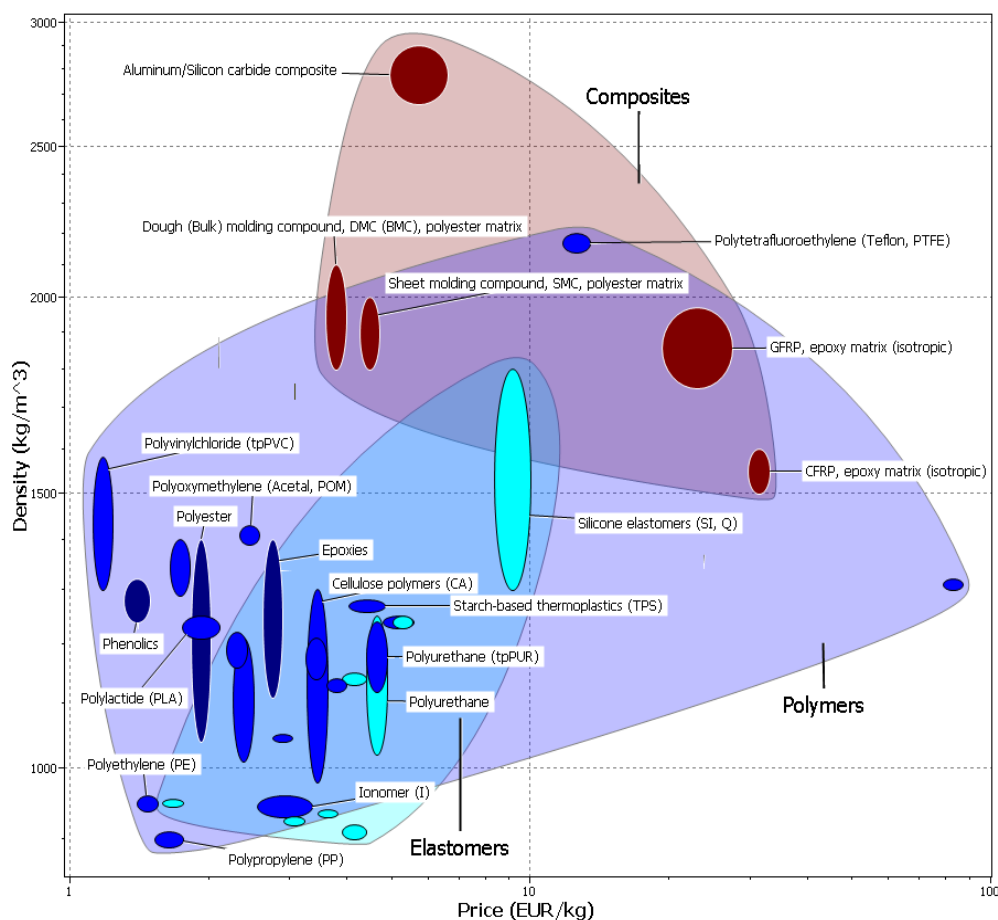


Gráfico 6 - Demonstração da relação entre densidade e preço





No gráfico 7 apresenta-se uma relação entre os parâmetros de resistência à fratura e de dureza que os diferentes materiais apresentam. Os polímeros possuem valores de baixa resistência, comparando com os compósitos, levantando algumas dúvidas quanto à sua capacidade de oferecer a resistência desejada. Contudo, pode concluir que os polímeros se apresentam como uma boa solução porque existe sempre a alternativa de realizar uma combinação de diferentes materiais para reforçar a peça.

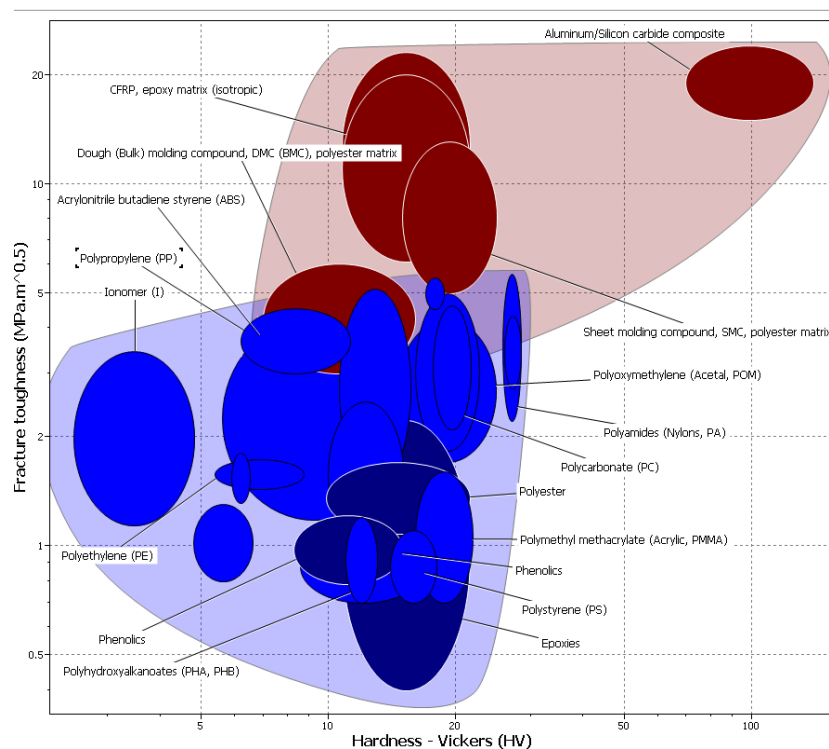


Gráfico 7 - Demonstração da relação entre dureza e fratura

Depois de analisar os gráficos retirados do CES EduPACK, compreendem-se as relações das famílias dos materiais e quais as suas principais diferenças.

Alguns artigos de divulgação de materiais permitiram conhecer as suas propriedades, incluindo as diferentes constituições que podem existir dentro da mesma família de materiais. Os dois materiais mais relevantes foram a Poliamida e o Polietileno.

A poliamida pertence à família dos termoplásticos e é um material bastante estrutural, contém boa capacidade para suportar cargas a elevadas temperaturas, boa tenacidade, baixo coeficiente de atrito e boa resistência química. Normalmente, este material é aplicável na maior parte dos sectores industriais, sendo as suas utilizações típicas são engrenagens, chumaceiras e peças anti atrito (não lubrificadas), componentes mecânicos capazes de funcionar a temperaturas elevadas e resistir a agentes químicos como hidrocarbonetos e solventes, para além de permitirem estruturar componentes resistentes ao impacto, com resistência mecânica e rigidez. [38]

O Polietileno (PE) é um polímero com propriedades flexíveis, influenciadas consoante a quantidade da fase amorfa e cristalina promovida durante a sua síntese. O polietileno tem uma família que é estruturada por vários tipos PE, dependendo das condições e do sistema catalítico empregado na polimerização. [37] Os diferentes tipos de polietilenos são:

- Polietileno de baixa densidade (PEBD)
- Polietileno de alta densidade (PEAD)
- Polietileno Linear de baixa densidade (PELBD)
- Polietileno de Ultra Peso Molecular (PEUAPM)
- Polietileno de Ultra Baixa Densidade (PEUBD)

Nesta família de materiais destacou-se o Polietileno de Ultra Peso Molecular, que normalmente é um material branco ou opaco, sendo obtido na forma de chapa ou tarugos, necessitando posteriormente de um acabamento final dependendo da sua aplicação.

As principais propriedades do PEUAPM são a resistência à abrasão, boa resistência à corrosão, resistência à fadiga cíclica, alta resistência à fratura por impacto, alta resistência química, alta dureza e baixo coeficiente de atrito. Este material é aplicado em vários tipos de indústria, por isso o artigo de divulgação de Polietileno diz que “O PEUAPM é muito resistente a ampla gama de produtos químicos”. [38]

Na figura 67, apresenta – se uma tabela retirada do artigo de divulgação, onde se realiza uma comparação de propriedades entre o PEUAPM e os restantes PE's. Comparando os dados fornecidos, pode concluir-se que os valores das propriedades se encontram no ponto intermédio entre o Polietileno de média e alta densidade, destacando-se especialmente os valores de densidade e a resistência ao impacto (os dados demonstram não existir quebra).

Testes DIN, ASTM	Propriedades	Densidade dos PE's			Peso molecular ultra elevado (PEUAPM)
		Baixa	Média	Alta	
Físicas					
D(53479)	Densidade (g/cm³)	0,910-0,925	0,926-0,940	0,941-0,965	0,928-0,941
D(53473)	Absorção de água 24h, 3mm de espessura (%)	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
Mecânicas					
D(53455)	Resistência à tração (10² Kgf/cm²)	0,4-1,4	0,8-2,4	2,1-3,8	2,8-4,2
D(53455)	Alongamento na ruptura (%)	90/800	50/600	20/1000	200/500
D(53457)	Módulo de flexão (10⁴ Kgf/cm²)	0,06-0,5	0,5-1,0	0,7-1,5	0,7-1,2
D256 (ASTM)	Resistência ao impacto (Kg)	Não quebra	—	—	Não quebra
D785 (ASTM)	Dureza Rockwell R	10	15	65	67
Térmicas					
D(52612)	Condutividade térmica (10⁻⁴cal/s cm² °C/cm)	8,0	8,0-10,0	11,0-12,4	11,0
D(52328)	Expansão térmica linear (10⁻³ cm/°C)	20	15	14	15
D(53461)	Temperatura de deflexão (°C)	32-42	42-50	45-55	50
Ópticas					
D542 (ASTM)	Índice de refração	1,51	1,52	1,52	—
D1003 (ASTM)	Transmitância (%)	4-50	40-50	10-50	—

Figura 67 - Comparação de Propriedades do PEUAPM em relação aos outros PEs [39]



Após a concretização da análise e investigação, conclui-se que as poliamidas e os polietilenos contêm as características necessárias para aplicação nas lâminas dos raspadores do *Flotador Industrial*. No entanto, existem algumas vantagens e desvantagens entre os dois materiais selecionados, que dificultam a decisão definitiva. As poliamidas contêm boas características, como mencionado anteriormente, mas quando comparadas com o polietileno possuem uma grande desvantagem, o facto de terem uma grande absorção de água. Este fator permite tornar uma decisão final, optando assim pelo polietileno.

Dentro da família do polietileno, existe a preferência pelo polietileno de ultra peso molecular porque se encontra de acordo com as necessidades pretendidas e apresenta dados de altíssima resistência ao impacto e a mais alta resistência ao desgaste, quando comparados a todos os outros polímeros. Pode ser utilizado numa gama abrangente de produtos químicos, referindo-se que no artigo de divulgação estudado que este material, é muitas vezes aplicado em raspadores.

Neste sentido, a proposta final do material mais adequado para a conceção das lâminas dos raspadores do *Flotador Industrial* é o PEUAPM, necessitando-se posteriormente de realizar ensaios para afirmar a viabilidade do material no raspador.



**Universidade de Aveiro**

Departamento de Comunicação e Arte  
Departamento de Engenharia Mecânica

## CAPÍTULO 6 | APRESENTAÇÃO FINAL DO PRODUTO

A marca é a identidade da empresa e como está reconhecida no mercado. Portanto, o presente capítulo serve para estudar a apresentação final do produto, com o objetivo de divulgar e justificar a origem da marca e a comercialização do *Flotador Industrial*. Este capítulo é uma reflexão da tradução da imagem da Adventech e o seu posicionamento no mercado, tendo em conta os pontos negativos e positivos face a concorrência.

### 6.1 MARCA DO PRODUTO

Nesta fase de desenvolvimento tentou-se criar uma marca simples e conceptual, de forma a ser lembrado pelos clientes da Adventech. Este Flotador Industrial vai ser designado por ADFLOT, um nome que funciona em família, ou seja, a Adventech perspetiva criar uma família de produtos similares ao utilizar as mesmas iniciais no nome dos seus produtos. A tomada de decisão do nome do *flotador industrial* foi escolhida paralelamente com uma pesquisa sobre as patentes de marcas e produtos. Obviamente, este produto também tem um logotipo para permitir que tenha a sua identidade. Nas figuras 67 e 68, apresenta-se o logotipo desenvolvido para o ADFLOT e as normas de utilização do logotipo, que se pretende ter disponíveis futuramente.



Figura 68 - Logotipo do ADFLOT na Vertical



*Figura 69 - Logotipo do ADFLOT na Horizontal*

O logotipo do ADFLOT consiste numa imagem que tem a particularidade de representar a mistura das bolhas de ar com as partículas sólidas através da aplicação de um gradiente, sendo este num sentido ascendente, como acontece no processo de flotação. O nome do flotador foi desenhado destacando-se o FLOT para assim dar importância à função do equipamento. O logótipo da marca será de autocolante vinil de alta qualidade e impressão decorativa. A identificação é simples, económica e sem dúvida uma solução de requinte, usando o método tradicional como os de decoração de viaturas. Seguidamente, apresentam-se imagens foto realistas, com o objetivo de apresentar algumas imagens do produto final.



*Figura 70 - Representação do ADFLOT fechado*



Figura 71 - Representação do ADFLOT aberto



Figura 72 - Representação do ADFLOT no Contendor Marítimo



*Figura 73 - Representação do ADFLOT numa Estação de Águas Residuais*



*Figura 74 -Representação do ADFLOT numa Estação de Águas Residuais*



## 6.2 FOLHETO INFORMATIVO DO PRODUTO

Na continuidade da apresentação do produto, criou-se um folheto informativo para divulgar o ADFLOT. No desenvolvimento do Flotador Industrial tentou-se criar um folheto que seguisse a linha de folhetos já existentes na Adventech, que fosse simples e eficaz. Pretende-se que o conteúdo do folheto do Flotador Industrial tenha um bom equilíbrio de informações e imagens.

O folheto Informativo do produto encontra-se em anexo 4.



Figura 75 - Exemplos do Folheto Informativo da Adventech e o desenvolvido



## 6.3 MANUAL DE INSTRUÇÕES DO PRODUTO

O Manual de Instruções foi desenvolvido com o objetivo de servir como um documento técnico e informativo dos cuidados que o operador deve ter em atenção na instalação do Flotador Industrial. Este documento contém toda a informação geral necessária sobre o equipamento, incluindo desenhos, diagramas, descrições e explicações para a utilização, manutenção e reparação.

O manual de instruções é anexado ao equipamento aquando da entrega para que o operador tenha conhecimento e permaneça sempre informado do conteúdo do mesmo, bem como de todas as características essenciais para um desempenho eficiente do equipamento, instruções de segurança e modos operatórios. No entanto, a versão provisória do Manual de Instruções não serão anexados a esta dissertação por questões de confidencialidade.



## CAPÍTULO 7 | CONCLUSÃO

### 7.1 CONCLUSÕES FINAIS

Esta dissertação do Mestrado de Engenharia e Design de Produto assumiu como objetivo desenvolver um Flotador Industrial para a Adventech, dando uma continuidade à sua linha de produtos, sem recorrer a produtos da concorrência, evoluindo assim na sua capacidade competitiva, criando o seu nicho de mercado e proporcionando mais oportunidades de negócio.

Para tal, desenvolveu-se uma metodologia e considerou-se uma investigação ao longo desta dissertação, que tiveram uma grande contribuição para o desenvolvimento do projeto, incluindo a existência do design numa área muito técnica que necessitava de ser trabalhada.

Esta dissertação foi fundamental no conhecimento da parte técnica para chegar a uma solução final, devido à complexidade do processo de flotação, uma vez que, se este não for compreendido prejudica-se crucialmente a sua performance no processo global de uma ETAR. A proposta final reflete-se nesta questão, conseguindo-se desenvolver uma proposta centrada no utilizador, combinando uma solução que oferece uma relação entre utilizador, performance e design. A compreensão desta relação caracterizou alguns problemas na forma como os produtos de flotação atuam, resolvendo assim questões de manutenção e reparação, promovendo um maior tempo de vida útil dos componentes do produto e a concentração dos componentes numa única zona do produto.

Concluindo, a materialização do conceito exprime, de uma forma bastante satisfatória, a intenção desta dissertação, encontrando-se no centro dos objetivos, definidos inicialmente para esta dissertação, adicionalmente o projeto levou em conta os aspetos como a redução de custos de operação e manutenção, a eficiência do processo de flotação e a vida útil do produto. Todo o projeto foi desenvolvido consoante a disponibilidade tecnológica da Adventech, tendo em conta os recursos de fabrico e produção já existentes.

Desta forma, o plano de trabalho desta dissertação foi muito útil para uma boa aprendizagem, cruzando temas como a Engenharia e Design de Produto, Tratamentos de Efluentes e Flotação, para entender como o desenvolvimento deste equipamento pode contribuir para a sua aplicação numa Estação de Águas Residuais.



## 7.2 PERSPETIVA DE DESENVOLVIMENTO FUTURO

Esta dissertação pode ser complementada e melhorada em trabalhos futuros na área da Dinâmica dos fluidos, nas seguintes partes:

- Implementação de uma instalação piloto do processo de flotação
- Recolha e obtenção de dados reais
- Importação dos dados para o CFD
- Análises CFD para otimizar o processo de flotação
- Validar uma solução para o melhor desempenho do processo de flotação.



**Universidade de Aveiro**

Departamento de Comunicação e Arte  
Departamento de Engenharia Mecânica



## REFERÊNCIAS

- [1] <http://www.adventech-group.com>
- [2] [http://www.gratt.com.br/site/produtos\\_selecionado.php?id\\_produto=8](http://www.gratt.com.br/site/produtos_selecionado.php?id_produto=8)
- [3] <http://www.redox-wt.nl>
- [4] Karl T. Ulrich e Steven D. Eppinger , ProductDesign and Development, Identifying Customers Needs, Capitulo 4, página.57
- [5] Miguel Mansur Aisse, Décio Jürgensen, Marco Antonio Penalva Reali, RogerioPenetra,Lourdinha Florencio e Pedro Alem Sobrinho, Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios por Sistema de Flotação
- [6] [http://www.komline.com/docs/dissolved\\_air\\_flotation.html](http://www.komline.com/docs/dissolved_air_flotation.html)
- [7] <http://www.keepprocess.com>
- [8] K. Wang, Lawrence, Flotation Technology, VOLUME 12
- [9] A.Gerd TEUNISSEN, Flotação por Ar Dissolvido no tratamento de Água Potável e Águas Residuais
- [10] K. Wang, Lawrence, Flotation Technology, VOLUME 12
- [11] [http://www.komline.com/docs/dissolved\\_air\\_flotation.html](http://www.komline.com/docs/dissolved_air_flotation.html)
- [12] <http://www.wockoliver.com/daf.html>
- [13] U.S. EPA (1978) Best conventional pollutant control technology. Federal Register, 43, 50227.U.S.Environmental Protection Agency, Washington, DC
- [14] <http://www.redox-wt.nl>
- [15] <http://www.environmental-expert.com>
- [16] <http://ptecdaf.com/microdaf.php>
- [17] <http://www.headworksinternational.com>
- [18] <http://www.etsenvironmental.com>
- [19] Karl T. Ulrich e Steven D. Eppinger , ProductDesign and Development
- [20] <http://www.redox-wt.nl>



- [21] <http://www.iea.cc/>
- [22] Lage, Alexandra e Dias, Suzana, Teorias do Design, Designo, Volume 2, Porto Editora 2005
- [23] <http://www.environmental-expert.com/downloads/hs-macrodaf-brochure-352018>
- [24] <http://pt.slideshare.net/Ronielfernandes/antropometria-28613286>
- [25] <http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/123456789/702/2/20179274.pdf>
- [26] <http://www.bad.pt/publicacoes/index.php/cadernos/article/viewFile/826/825>
- [27] Docente Carlos Relvas, Apontamentos das Aulas, Modelo Kano – Como Identificar Atributos Atrativos e Obrigatórios para o Consumidor, 2013
- [28] [http://www.spi.pt/documents/books/inovint/iq/conteudo\\_integral/acesso\\_conteudo\\_integral/capitulo3\\_texto/capitulo3\\_1\\_texto/capitulo3\\_1\\_1\\_texto/acc3\\_1\\_1\\_texto\\_apresentacao.htm](http://www.spi.pt/documents/books/inovint/iq/conteudo_integral/acesso_conteudo_integral/capitulo3_texto/capitulo3_1_texto/capitulo3_1_1_texto/acc3_1_1_texto_apresentacao.htm)
- [29] <http://www.producaoonline.org.br/rpo/article/viewFile/186/495>
- [30] Docente Carlos Relvas, Apontamentos das Aulas, Engenharia e Desenvolvimento de Produto – Casa da Qualidade, 2014
- [31] Docente Carlos Relvas, Apontamentos das Aulas, Técnicas de Prototipagem Rápida – Prototipagem Física, 2014
- [32] <http://www.scielo.br>
- [33] Docente Carlos Relvas, Apontamentos das Aulas, Engenharia e Desenvolvimento de Produto - DFM, Design For Manufacturing e DFA, Design For Assembly
- [34] [http://www.design4manufacturability.com/DFM\\_article.htm](http://www.design4manufacturability.com/DFM_article.htm)
- [35] ASBY, Michael, Materials Section in Materials Design, 2ª edição, Cambridge Butterworth Heinmann, 1999
- [36] Vicente, José Aparecido, Materiais plásticos de engenharia e suas aplicações (Poliamidas e Polietileno), Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, 2009
- [37] Instituto de Química (UERJ), Polietileno: Principais Tipos, Propriedades e Aplicações, Artigo de Divulgação, 2003
- [38] <http://www.ansys.com/>



## ANEXOS





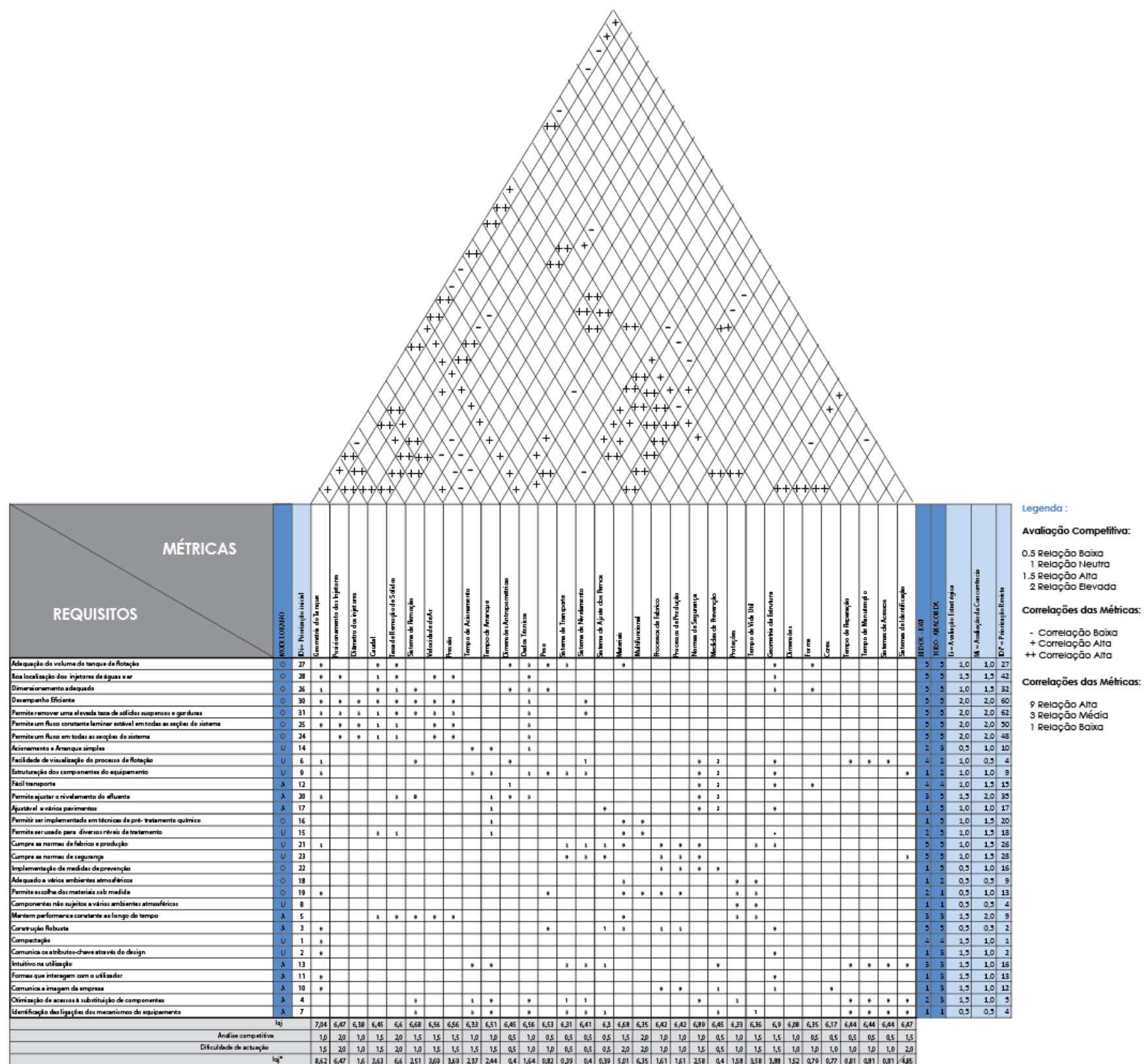
**Universidade de Aveiro**

Departamento de Comunicação e Arte  
Departamento de Engenharia Mecânica

ANEXO 1 | ARVÓRE DE NECESSIDADES COM PONDERAÇÕES

NÍVEL PRIMÁRIO - ESTRATÉGICO	NÍVEL SECUNDÁRIO - TÉCNICO OPERACIONAL	NÍVEL TERCIÁRIO - FUNCIONAL	MODELO KANO	ATRIBUIÇÃO DE IMPORTÂNCIAS	IMPORTÂNCIA RELATIVA
DESEMPENHO 43,80%	Função	Adequação do volume tanque de flotação	O	10	4,13%
		Boa localização de injetores de efluente e ar	O	10	4,13%
		Dimensionamento adequado	O	10	4,13%
		Desempenho Eficiente	O	10	4,13%
		Permite remover uma elevada taxa de sólidos suspensos e gorduras	O	10	4,13%
		Sub-Total	50	20,66%	
	Operação	Permite um fluxo constante laminar estável em todas as secções do sistema	O	10	4,13%
		Permite um fluxo em todas as secções do sistema	O	10	4,13%
		Acionamento e Arranque simples	U	9	3,72%
		Sub-Total	29	11,98%	
	Ergonomia	Facilidade de visualização e acompanhamento do processo de flotação	U	8	3,31%
		Estruturação dos componentes do equipamento	A	6	2,48%
		Espaçamento entre componentes adequados	A	6	2,48%
		Fácil transporte	A	7	2,89%
		Sub-Total	27	11,16%	
CARACTERÍSTICAS 14,46%	Características	Permite ajustar o nivelamento do efluente	O	10	4,13%
		Ajustável a vários pavimentos	U	9	3,72%
		Permitir ser implementado em técnicas de pré- tratamento químico	U	8	3,31%
		Permite ser usado para diversos níveis de tratamento	U	8	3,31%
		Sub-Total	35	14,46%	
CONFORMIDADE 8,26%	Normativas	Cumpre as normas de fabrico e produção	O	10	4,13%
		Cumpre as normas de segurança	O	10	4,13%
		Sub-Total	20	8,26%	
CONFIABILIDADE 4,13%	Segurança	Implementação de medidas de prevenção	O	10	4,13%
		Sub-Total	10	4,13%	
DURABILIDADE 11,57%	Materiais	Adequado a vários ambientes atmosféricos	U	6	2,48%
		Permite escolha dos materiais sob medida	A	5	2,07%
		Sub-Total	11	4,55%	
	Componentes	Estruturação dos componentes do equipamento	A	5	2,07%
		Componentes não sujeitos a vários ambientes atmosféricos	U	5	2,07%
		Mantem performance ao longo do tempo	U	7	2,89%
Sub-Total	17	7,02%			
QUALIDADE PERCEBIDA 2,89%	Expectativa	Construção Robusta	A	7	2,89%
		Sub-Total	7	2,89%	
ESTÉTICA 12,81%	Design	Compactação	A	4	1,65%
		Comunica os atributos-chave através do design	A	6	2,48%
		Intuitivo na utilização	A	8	3,31%
		Formas que interagem com o utilizador	A	5	2,07%
		Comunica a imagem da empresa	A	8	3,31%
		Sub-Total	31	12,81%	
ATENDIMENTO 6,61%	Reparação/Manutenção	Otimização de acessos para favorecer a substituição de componentes	A	8	3,31%
		Identificação das ligações dos mecanismos do equipamento	A	8	3,31%
		Sub-Total	16	6,61%	
	Grande Total			242	100,00%
Legenda:					
O = Obrigatório      U = Unidimensional      A = Atraente					

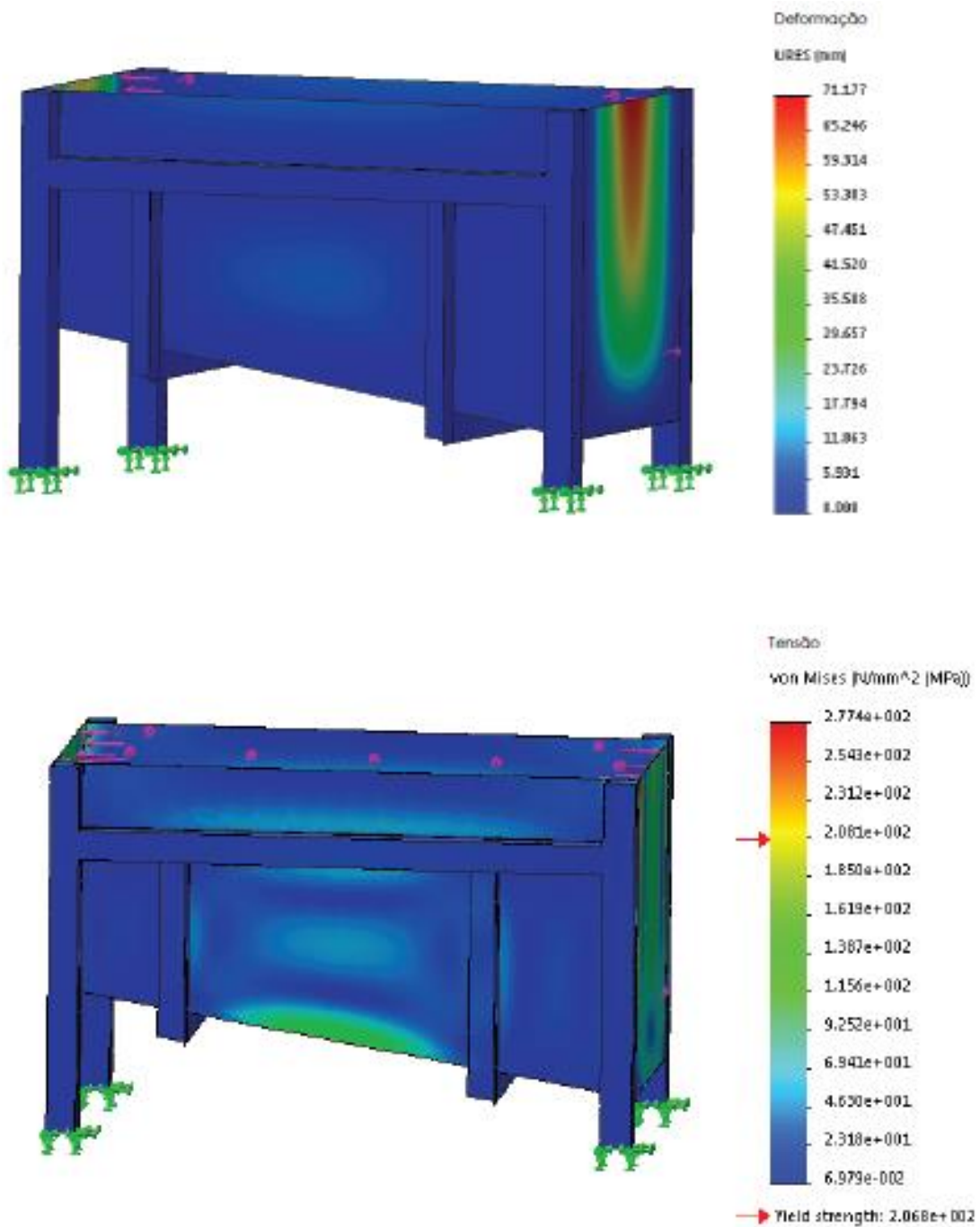
## ANEXO 2 | CASA DA QUALIDADE





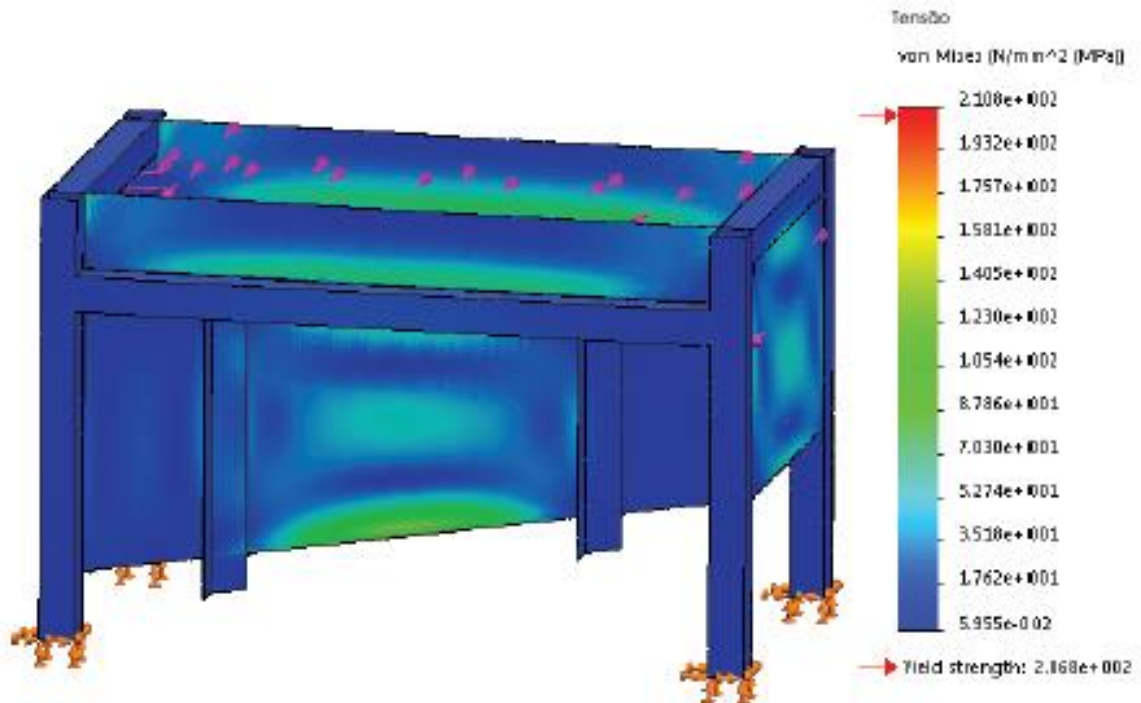
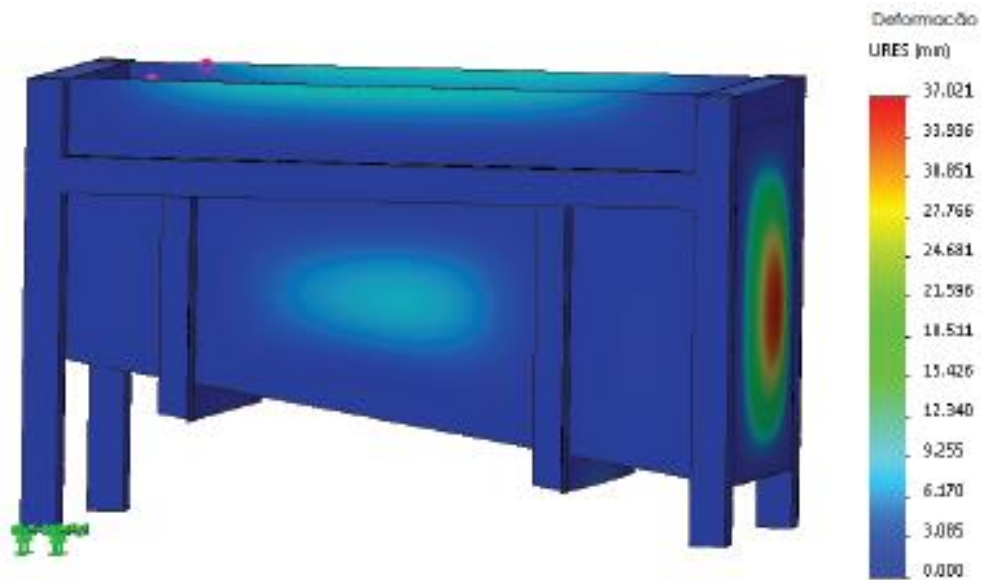
## ANEXO 3 | RESULTADOS DA ANÁLISE ESTRUTURAL

### Conceção 1



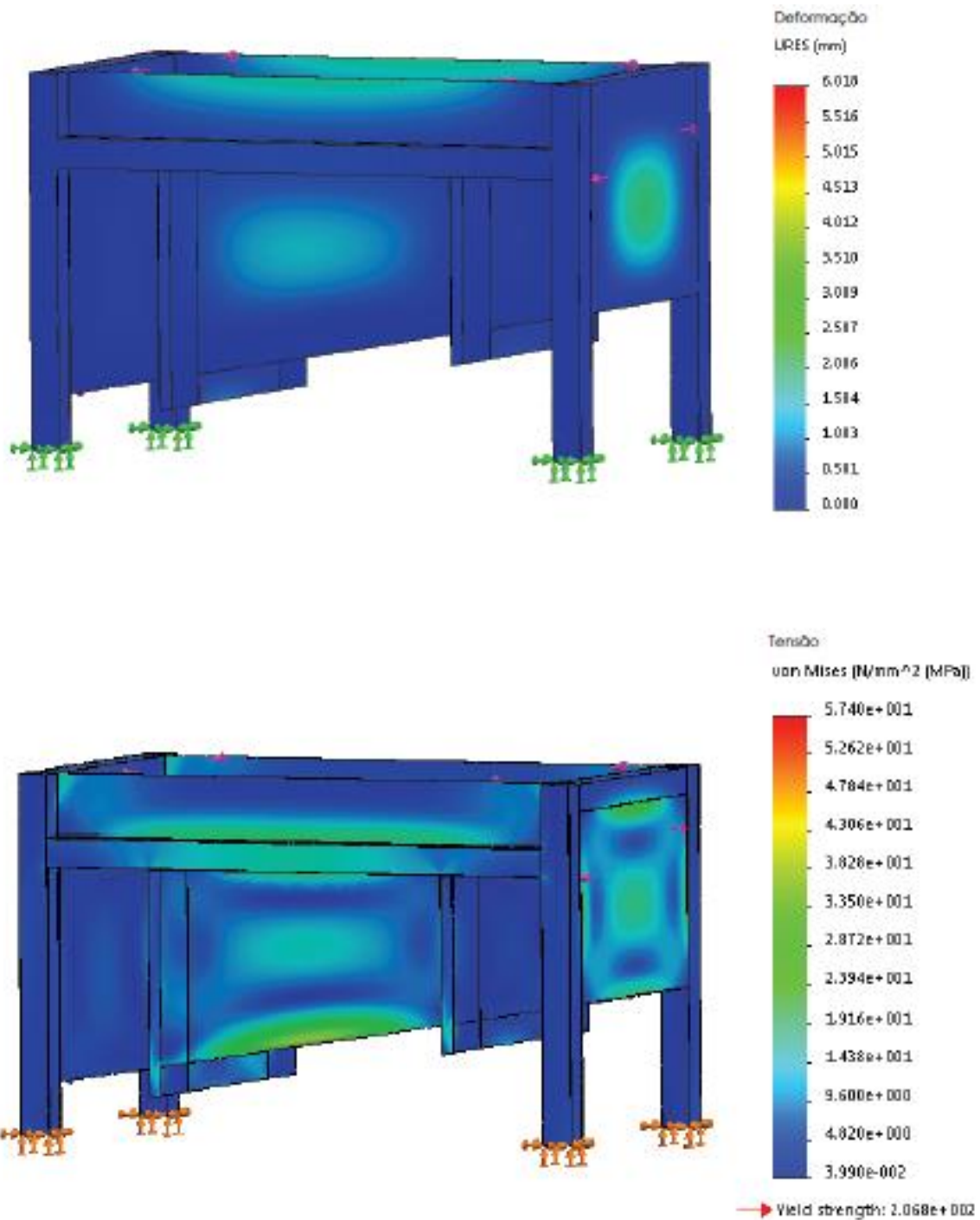


## Conceção 2





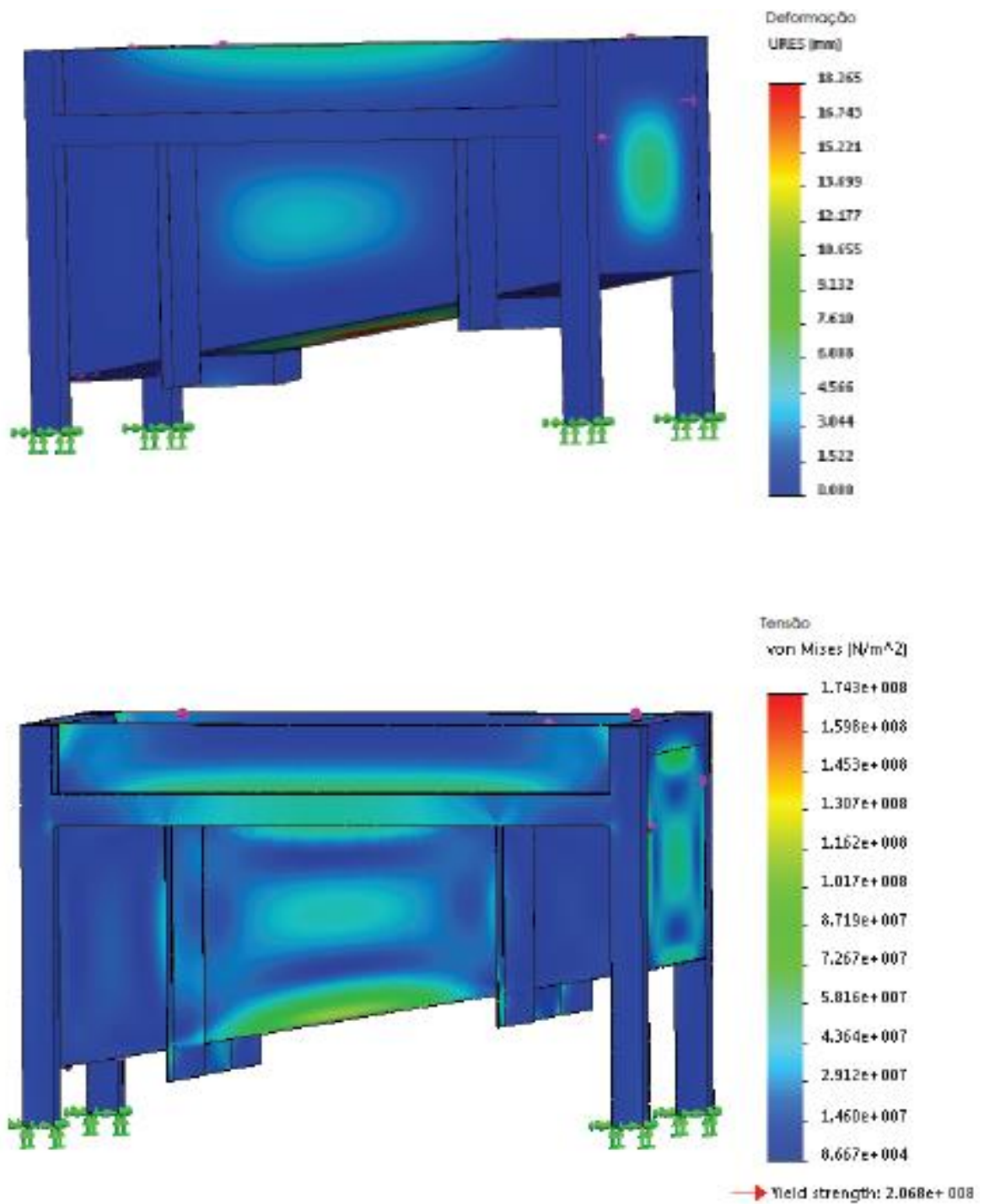
### Conceção 3





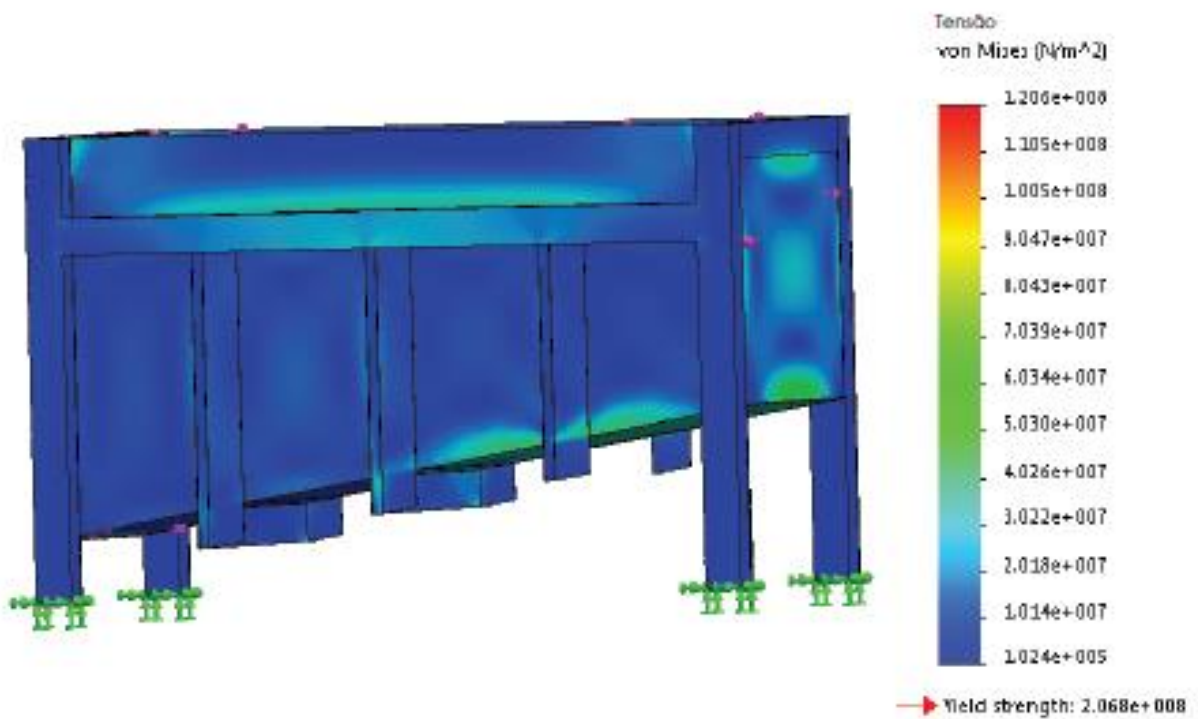
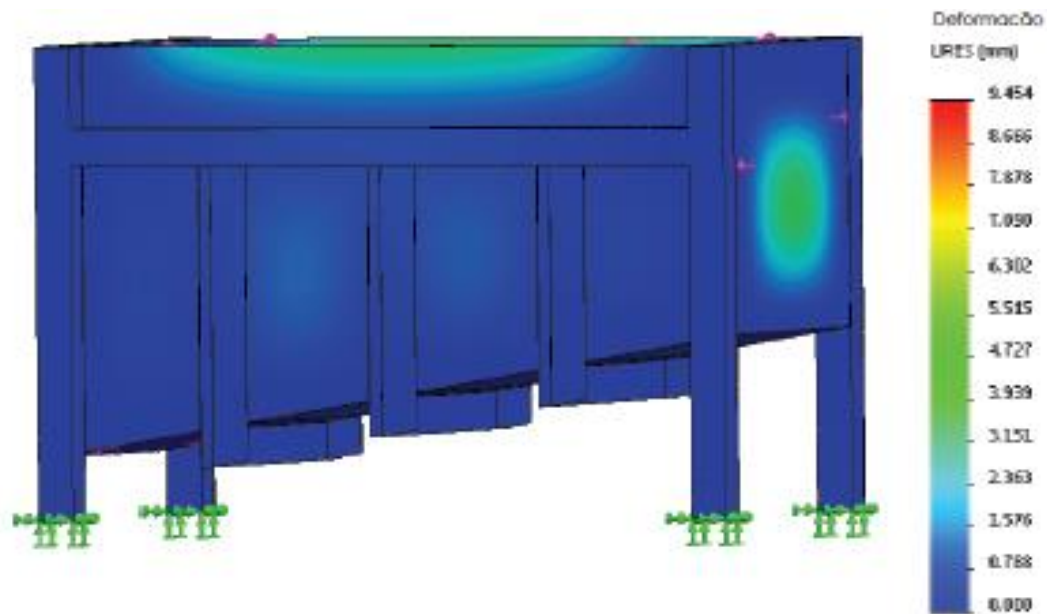


## Conceção 4





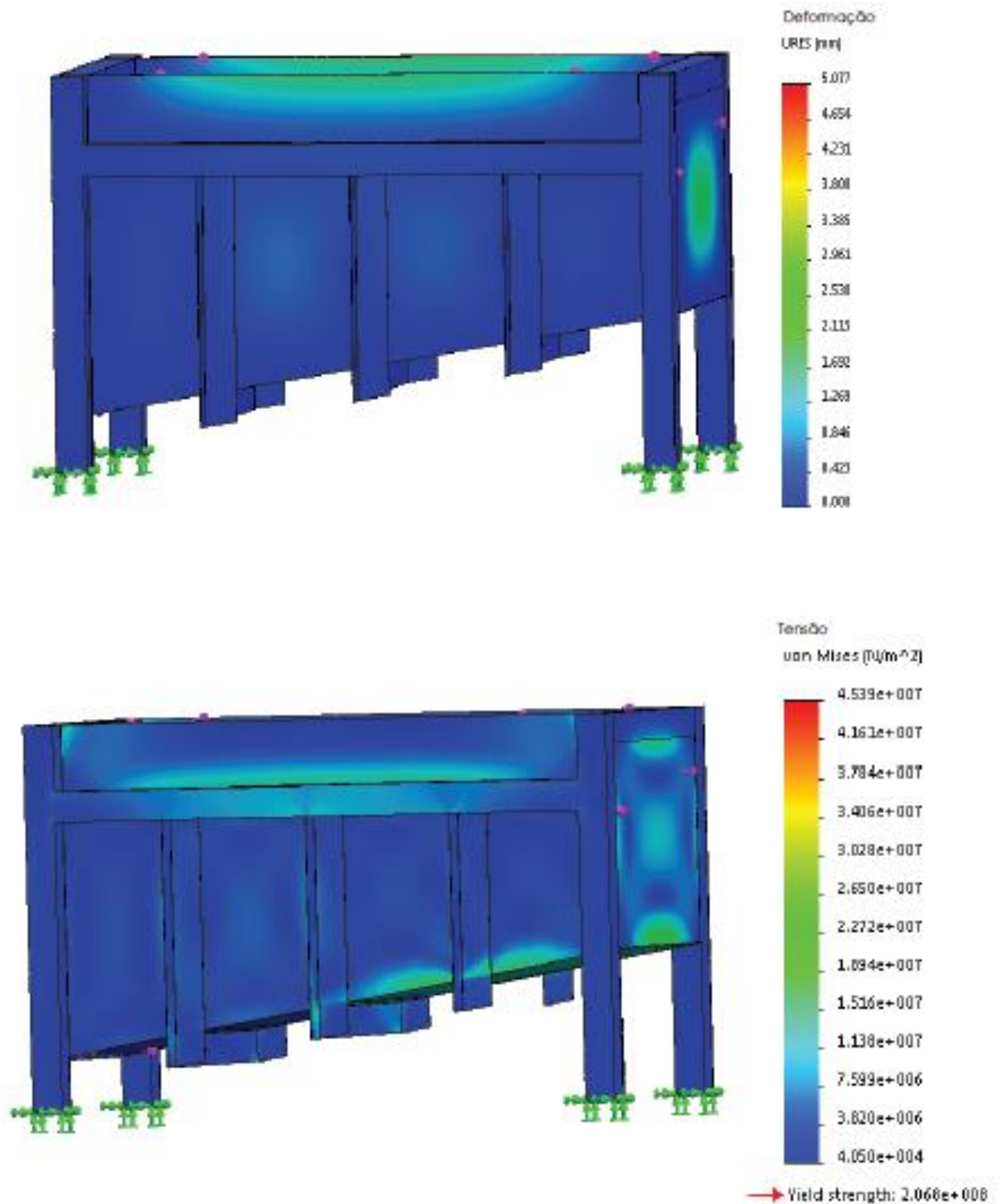
### Conceção 3







## Conceção 6





## ANEXO 4 | FOLHETO INFORMATIVO DO ADFLOT



ADFLOT é normalmente utilizado com a finalidade de pré-tratar das águas residuais através da separação e remoção de partículas sólidas suspensas presentes no efluente, dado que as mesmas não são degradáveis e inibem as fases seguintes de tratamento.

Aplicação deste equipamento consegue obter um elevado grau de eficiência nas Estações de Águas Residuais com um custo razoável, reduzindo a concentração de COD / BOD, alto teor de sólidos descarregados e uma taxa de remoção elevada.



INVESTIGAÇÃO



TECNOLOGIAS



ETAR

### TECNOLOGIA INOVADORA PARA QUALQUER APLICAÇÃO



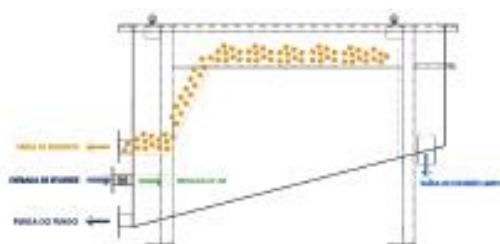
# FLOTADOR INDUSTRIAL



## DESIGN E FUNÇÃO

O Funcionamento deste equipamento consiste na introdução de ar pressurizado no tanque que contém a água residual. Posteriormente, induz-se a formação de bolhas de ar que se unem às partículas sólidas, realizando uma mistura que permite que estas ascendam e fiquem suspensas na superfície do líquido.

As remoções de partículas sólidas na superfície do líquido são recolhidas por amaste. Na figura abaixo é apresentado o esquema geral de funcionamento do equipamento.



ADFLOT trata-se de um produto com características simples, dando uma versatilidade de respostas, permitindo a sua utilização em vários ambientes e situações de tratamento de efluentes nas Estações de Águas Residuais, podendo ser aplicadas em vários sectores, como por exemplo na indústria alimentar, vinícola, olival e entre outras.

Este equipamento apresenta marcação CE, de acordo com a obrigatoriedade legal que advém da entrada em vigor da Diretiva 2006/42/CE dos produtos de construção.



## DIMENSÕES GERAIS

